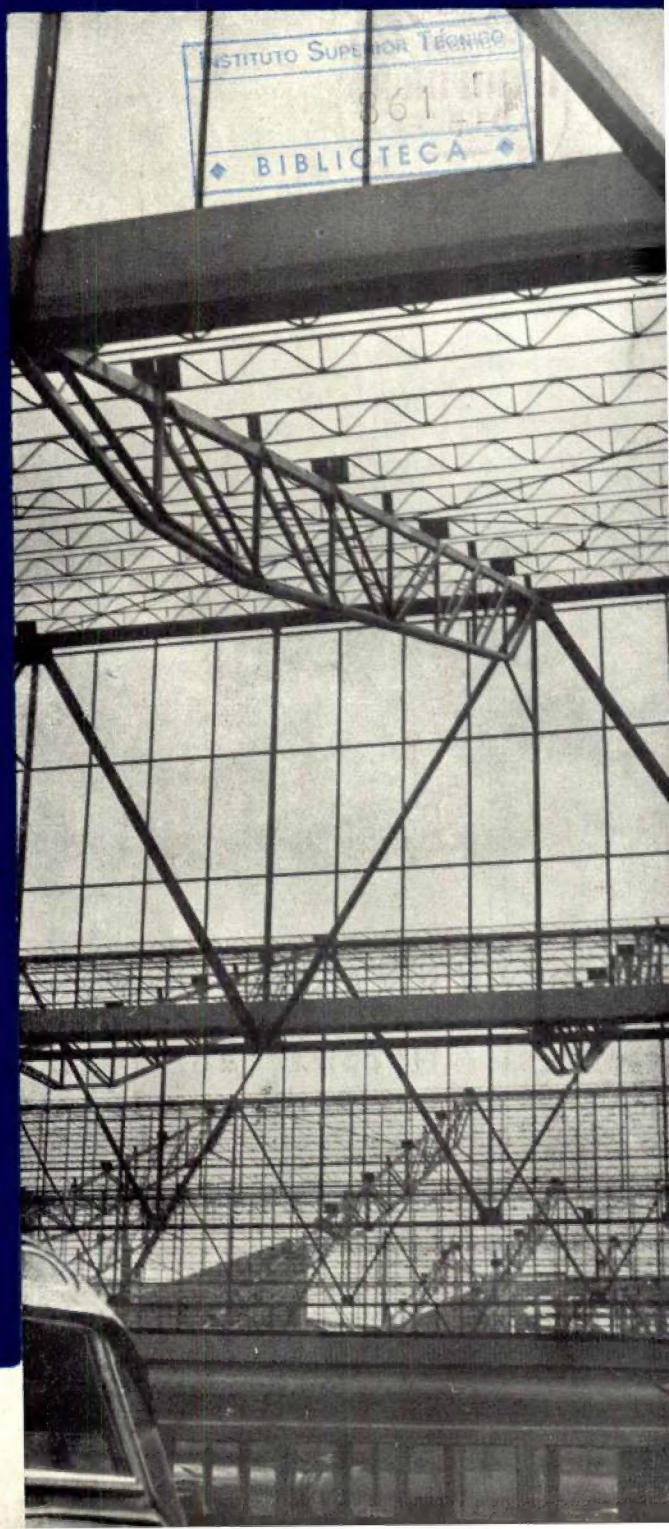
TÉCNICA



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
BIBLIOTECA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 215-Outubro-1951

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
215
Outubro — 1951

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
MANUEL AGUDO MARQUES MAIA

CORPO REDACTORIAL
JOSÉ AUGUSTO DO NASCIMENTO
CARLOS LLOYD BRAGA
MANUEL DE VILHENA PERES MONIZ

NUMERO AVULSO 11$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	27$50	50$00	95$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	55$00	100$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Estrutura metálica de cobertura em Shed da garagem de Eduardo Jorge. — Madres «OMES» sobre conjunto de vigas armadas e meias asnas de ligação. Executada por OMES — Lusitana.

Págs.

Alguns comentários à «Contribuição à reorganização do ensino do I. S. T.»
Por L. M. H. de Lancastre 1

Dimensionamento experimental das estruturas
Por Manuel Rocha 13

A determinação experimental da porosidade de corpos sólidos e insolúveis
Pelo Doutor Arthur de Sousa 35

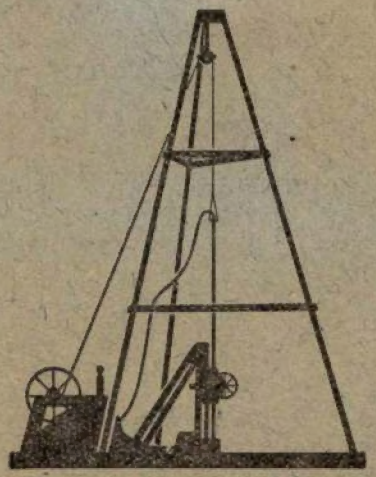
Curso sobre o emprego da cortiça nos isolamentos térmicos e fónicos
Pelo Eng.º Alfredo B. de Andrade 46

Do Mundo Técnico 55

Biblioteca 58

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

CIMENTOS PORTLAND BRANCOS

PATAIAS LUSO

Bons entre os melhores

PARA ACABAMENTOS

PEDRA ARTIFICIAL E MOSAICOS

TRABALHOS MARÍTIMOS

PISTAS E FAIXAS DE ROLAGEM

OBRAS DE RESPONSABILIDADE

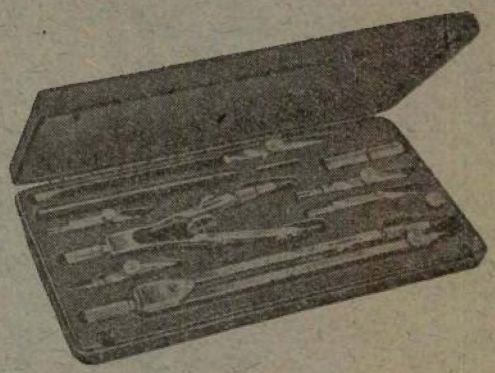
Rua Vitor Cordon 1, 2.º — LISBOA

TELEFONES 30765/2 linhas

WILD

INSTRUMENTOS DE AÇO INOXIDÁVEL, PARA DESENHO

MAXIMA PRECISÃO • DURAÇÃO ILIMITADA



ESTOJOS COMPLETOS E PEÇAS SOLTAS

ENVIAM-SE CATÁLOGOS, A PEDIDO

MICROSCÓPIOS

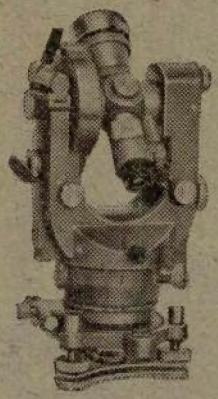
APARELHOS GEODÉSICOS

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

RUA EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 — LISBOA

TELEF. 24314/15 TELEGR. TECNA

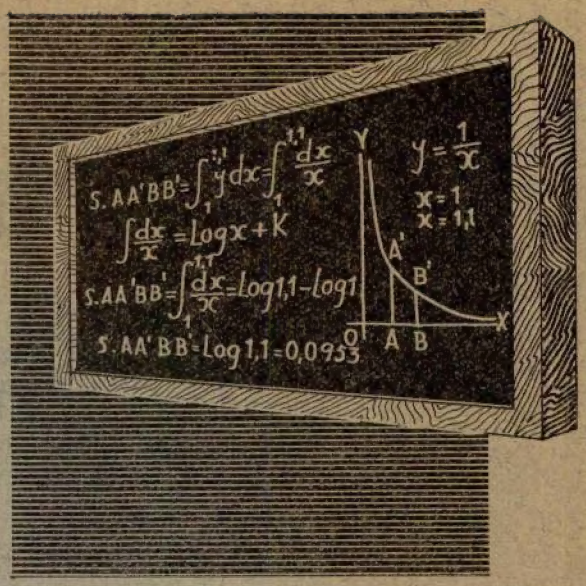
WILD HEERBRUGG

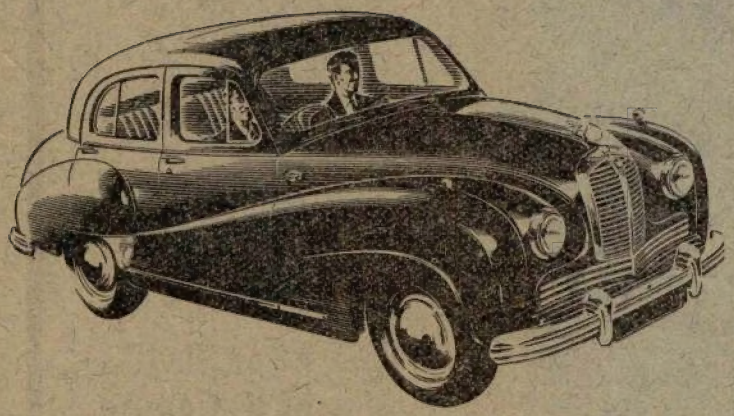


Uma demonstração
Matematica
pode ter as suas dificuldades
mas
demonstrar que o AUSTIN
é um carro magnifico é facil
basta para isso:

- experimentar o carro
- ver o motor
- verificar o consumo

Imediatamente se verificará
a seguinte igualdade
AUSTIN = Automovel excelente





O NOVO A70 «AMPSHIRE»

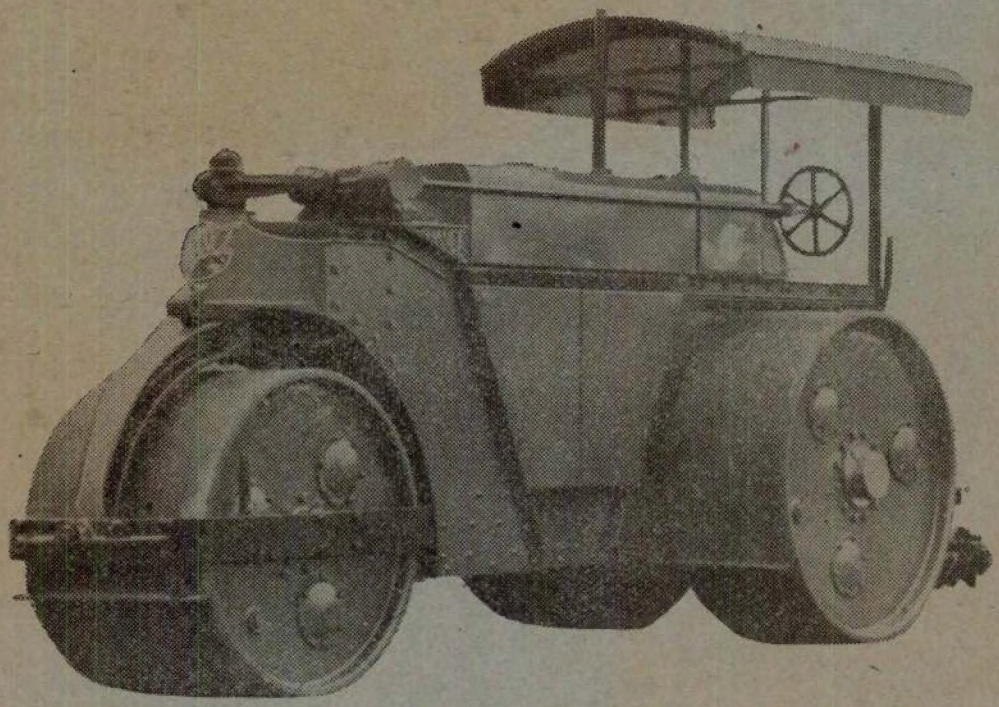
Distribuidores exclusivos:

J. J. GONÇALVES, SUCRS.

LISBOA • PORTO

Agentes em todos os distritos

MÁQUINAS PARA ESTRADAS



— CILINDROS COMPRESSORES **HUBER** E **ADVANCE**

— BRITADEIRA E GRANULADORAS

— INSTALAÇÕES PARA O FABRICO DE BETÃO ASFÁLTICO

— AQUECEDORAS DE PEDRA

— VENTOINHAS

— CALDEIRAS AQUECEDORAS E ESPALHADORAS, ETC.

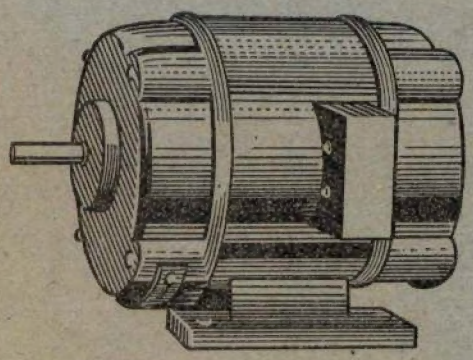
MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 — LISBOA

PORTO — LUANDA

CONZ METZENAUER & JUNG FANAL

As grandes marcas alemãs de motores e máquinas eléctricas, material de protecção e termóstatos, transformadores, etc.



SOCIEDADE COMERCIAL
MATTOS TAVARES, L.DA
LISBOA R. DOS SAPATEIROS, 39, 2.º
TELEFONES 2 5701-2 5704

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

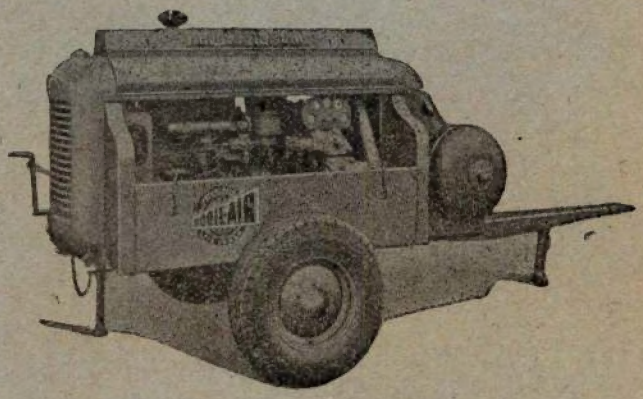
ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649
PORTO
RUA GUEDES DE AZEVEDO, 131-TEL 21277

INGERSOLL—RAND, L.DA

Compressores — Material para minas
Ferramentas Pneumàticas
Bombas centrífugas — Guinchos eléctricos e a ar comprimido
Condensadores de vapor — Motores «Diesel»
Equipamentos de refrigeração



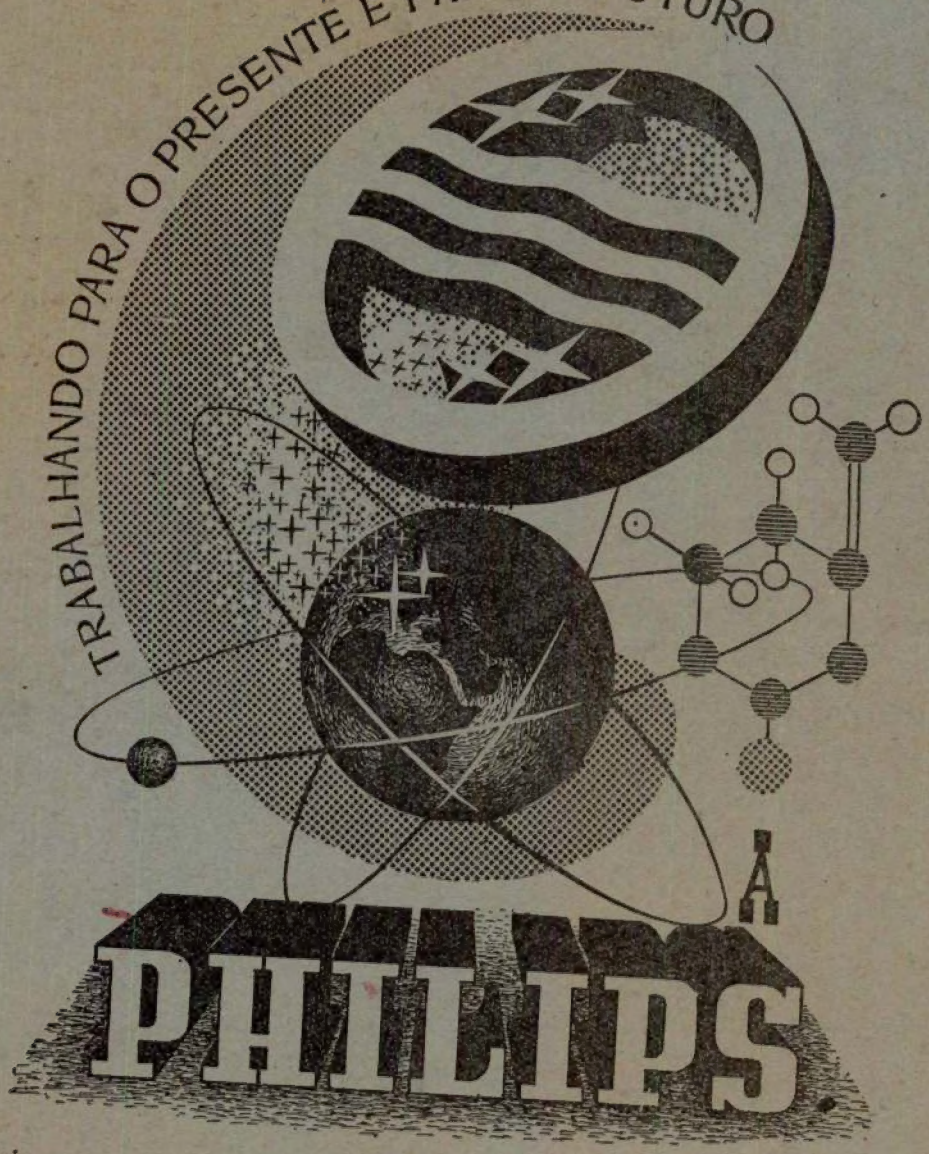
Largo do Corpo Santo, 28-2.º
LISBOA

Telef. 2 3212 / 2 971 Teleg. INGERSOLL

Nas Colónias
METROCOL, LDA.
LUANDA

Para equipamento de garagem
C. SANTOS, LDA.
LISBOA PORTO COIMBRA

60 ANOS DE PROGRESSO



LÂMPADAS DE ILUMINAÇÃO NORMAIS E ESPECIAIS — LÂMPADAS DE SÓDIO E MERCÚRIO — LÂMPADAS FLUORESCENTES — RECEPTORES E EMISSORES DE T. S. F. — VÁLVULAS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO — INSTALAÇÕES AMPLIFICADORAS DE SOM — CINE SONORO — RAIOS X (APARELHAGEM CLÍNICA E INDUSTRIAL) — SOLDADURA ELÉCTRICA: RECTIFICADORES E ELECTRODOS — RECTIFICADORES PARA CARGA DE BATERIAS — FILTROS MAGNÉTICOS PARA ÓLEOS.

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSÃO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 Rua Augusta, 27 LISBOA

"Orthojecteur"

MÉDIA TENSÃO

Vantagens Práticas

Pequeno volume de óleo:

— perigo de explosão ou incêndio nulo.

Cuidados de conservação reduzidos:

Devido à rotura científica;

— consumo reduzido do óleo;

— desgaste reduzidos dos pára-faíscas. 3-5

Facilidades de instalação:

— fosse para evacuação do óleo, mais pequena ou mesmo completamente suprimida;

— possibilidade de dispôr os conductores em linha ou de os fazer subir para ter a entrada e a saída do mesmo lado;

— comando "STANDARD" permitindo igualmente a disposição longitudinal ou lateral da caixa de manobra.

Vantagens de concepção

Isolamento perfeito:

— separação completa das fases;

— longa linha de fuga entre a entrada e a saída. 1

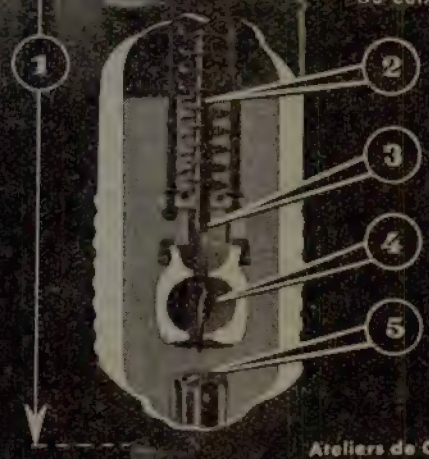
Rotura científica:

— auto-sopragem axial do arco; 4

— rotura rápida com dissipação mínima de energia no arco.

Concepção mecânica racional:

— hastes de contacto móveis, com pequena inércia e perfeitamente guiadas, portanto com deslocação rápida, em vez de barra com contactos, pesada e mal guiada. 2



Ateliers de Constructions Électriques de

DELLE

Société à Responsabilité Limitée. Capital 300.000.000 fr.
25, Chemin de Cyprian - Villeurbanne (Rhône)

DELEGADOS: AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, LDA.

RUA DOS INDUSTRIAIS, 4-1.°

TELEFONES: 6 0692 — 6 6082 LISBOA

Dott. Ing. Mário, Giuseppe

BRAIBANTI

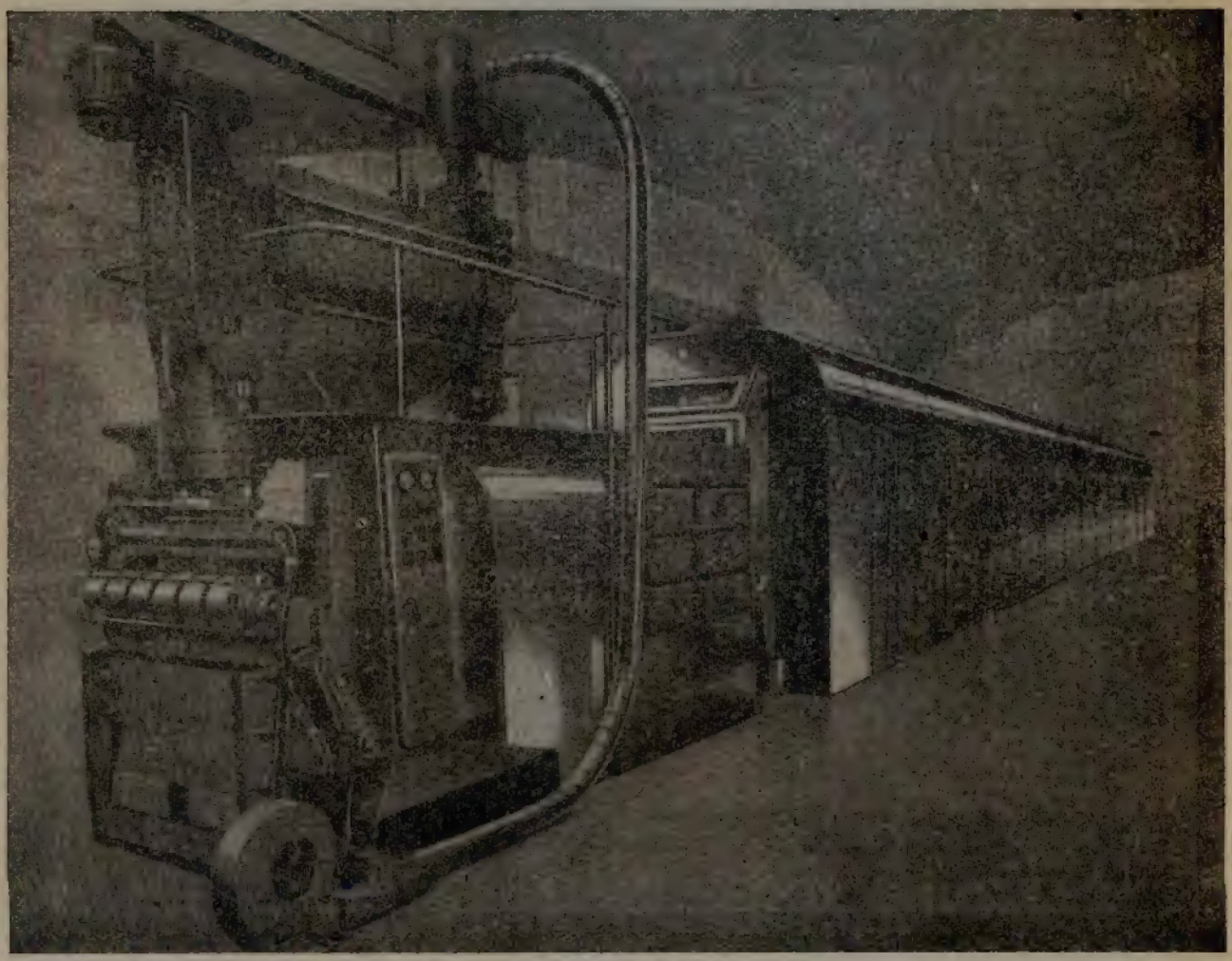
& C. Soc. R. L.

MILANO — Via Borgogna, I (ang. Piazza S. Babila) Tel. 79.23.93 — 79.23.94

Máquinas para fábricas de massas (alimentícias)

Instalações completas automáticas — Secadoras

ÚLTIMA CRIAÇÃO «BRAIBANTI»



Instalação automática para estender a massa e enrolamento, e secagem da massa comprida

TELEFONE À

SMEIA

SOBRESSALENTES «CATERPILLAR»
Á SUA DISPOSIÇÃO!...

LEVANTE O AUSCULTADOR E MARQUE O NÚMERO 70028

Os tractores, os motores e os equipamentos «CATERPILLAR» são fontes de receita constantes.

Evite imobilizações demoradas, encomendando-nos quanto antes, directamente, por telefone ou por carta, os sobressalentes de que precisa.

Estes sobressalentes *genuinos* «CATERPILLAR» são exactamente idênticos às peças originais.

Envie as suas encomendas de peças sobressalentes à **SMEIA,** Avenida A, à Praça do Areeiro, 8, Lisboa, representante exclusivo da CATERPILLAR TRACTOR COMPANY—Peoria—Illinois, que mantém permanentemente em armazém, para entrega imediata, a maioria das peças sobressalentes «CATERPILLAR».

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA
S. A. R. L.
AVENIDA A, N.º 8, AREEIRO
LISBOA — PORTUGAL

L. M. ERICSSON

STOCKHOLM SUÉCIA

- INSTALAÇÕES TELEFÓNICAS DE TODOS OS SISTEMAS
- SISTEMAS TELEFÓNICOS POR ALTA FREQUÊNCIA
- SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO
- INSTALAÇÕES DE VIGILANCIA E DE CONTROLE A DISTANCIA
- SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÕES E SONORIZAÇÃO; RECEPTORES
- INSTRUMENTOS DE MEDIDA E CONTADORES ELÉCTRICOS
- PRENSAS HIDRÁULICAS E MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
- CONDENSADORES PARA CORRIGIR O FACTOR DE POTÊNCIA
- MOTORES ELÉCTRICOS
- DIVERSA APARELHAGEM TELEFÓNICA E ELÉCTRICA
- FIOS E CABOS TELEFÓNICOS E ELÉCTRICOS

Agentes Gerais em Portugal:

SOCIEDADE HERRMANN L.DA

Calçada do Lavra, 6 — LISBOA

Telefones { **2 3168** / **2 3169** **Telegramas: LAVRA**

Oficina de construção e reparação de material telefónico e eléctrico

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16
LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185
PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico.

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968

«Central hidroeléctrica de Flix da S. A. Saltos del Ebro, Barcelona, equipada com 4 alternadores trifásicos OERLIKON, de 11250 kVA, 6300 V., 125 r. p. m., 50 Hz., cada um»

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos completos para centrais termo e hidroeléctricas, subestações e instalações de distribuição. Accionamentos eléctricos especiais para todas as indústrias. Geradores, motores, transformadores, reguladores de indução, comutadores, rectificadores de vapor de mercúrio, equipamentos para soldadura eléctrica por arco. Electrolizadores para a produção de hidrogénio e oxigénio. Aparelhos de manobra e protecção para alta e baixa tensão, reguladores automáticos de tensão, relés, pára-raios. Turbinas de vapor e turbo-geradores, ponte-gruas, compressores. Equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras, veículos diesel-eléctricos, locomotivas de acumuladores, tranvias, troleibus, funiculares e teleféricos, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

MANUEL AGUDO MARQUES MAIA
DIRECTOR

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
861
BIBLIOTECA

ANO XXVI-N.° 215 OUTUBRO 1951

ALGUNS COMENTÁRIOS À "CONTRIBUIÇÃO À REORGANIZAÇÃO DO ENSINO DO I. S. T."

POR L. M. H. DE LANCASTRE
Assistente do I. S. T.

Considerações gerais

C. D. 378

Lemos com o maior interesse aquele trabalho (nas suas duas versões) e foi para nós consolador verificar que ainda há alunos que se preocupam com estas questões de ensino, estudando-as cuidadosamente, para procurar melhorar aquele. E isto quando tantos e tantos só querem «passar», seja de que maneira for, com «cabulas», repetições de exames, transferências, etc.

Prometemos ao Delegado, que nos entregou esse trabalho, que, em vez de responder secamente ao «Questionário», fariamos algumas considerações, que melhor exprimiriam a nossa opinião, e nas quais viriam as respostas que poderíamos dar.

Podemos dizer que concordamos com quase tudo o que disse e sugeriu o Director da «Secção Pedagógica», por isso, para evitar repetições, em muitos pontos nem tocaremos.

Achamos contudo indispensável fazer-se uma distinção entre eles e ordená-los devidamente; e isto pelas seguintes razões:

1) Nem todos os pontos são da mesma importância, havendo alguns fundamentais.
2) Muitos não podem ser remediados pela Escola, mas só pelas Instâncias Superiores (e por meio de Decretos, Reformas, etc.)
3) Há que ver qual é a ordem cronológica que se deve observar na resolução dos problemas pois, enquanto não estiverem resolvidos alguns, é perfeitamente inútil pensar na resolução de outros.
4) É necessário ser-se prático e encarar «as coisas como elas são» e não «como deveriam ser». Deve-se tentar resolver os problemas naquelas bases reais, abandonando utopias inúteis e às vezes perigosas.

Parece-nos indispensável esta destrinça, para se saber o que se deve pedir, e a quem e por que ordem; para se poder obter algum resultado. Pois se se pedir tudo ao mesmo tempo ha o risco de se verem satisfeitos alguns pedidos sem importância, ficando esquecidos aqueles cuja resolução seria da maior utilidade, pelas suas benéficas consequências futuras.

Haverá pois que estabelecer um plano metódico e ordenado de pedidos e melhoramentos, partindo de realidades, que procuraremos explicar, porque muito ignoradas.

Dentro da ordem de ideias expressas em 4) parece-nos que, ao procurar o remédio para os nossos males, não se deve esquecer que somos latinos e que, por isso, muitos

remédios anglo-saxões não servem. Dever-se-ía pois olhar mais para o que fazem os países semelhantes, como a França e a vizinha Espanha, por exemplo, cujos corpos de engenheiros são notáveis, não só pelo seu saber como também pelas suas obras e contribuição para o progresso da Engenharia e da Indústria.

Competência. Educação. Cultura e Ensino

Não há dúvida que, enquanto se não obtiver a devida consideração pela competência, e se der mais atenção ao diploma, à nota ou ao padrinho, a tendência natural (e desculpável) do aluno será «tirar o curso», para depois «arranjar» ou lhe «conseguirem» uma «colocação». Parece-nos inútil fazer comentários à terminologia que é expressiva e corrente, e lembrar que muitos se contentam até com «tirar um curso» seja ele qual for, contanto que seja fácil ou em condições agradáveis. Quantos não vieram para o Técnico atraídos pela piscina!

Quando dizemos «competência» pensamos não só na ciência profissional do engenheiro antigo mas também na eficaz preparação do recém-formado (que lhe permitirá realizar logo trabalho útil) completadas por outras qualidades a que adiante nos referiremos.

Uma vez dada à competência o primeiro lugar pode-se dizer que tudo o resto se modificaria quase automàticamente, e para melhor.

Mas será muito difícil uma mudança como esta, pois depende de muitos elementos externos, havendo que vencer muitos preconceitos. Por exemplo nos concursos do Estado o elemento principal para a classificação é a nota de curso. Acontece assim um indivíduo, que deu boas provas no serviço, ver preferido outro, que vem de fora, mas com melhor nota. E o pior é que, pela diferente maneira como são dadas e calculadas as notas, nas duas escolas de engenharia, a valores profissionais iguais podem corresponder notas muito diferentes. E agora, com cadeiras feitas em outras escolas e faculdades, a incerteza ainda é maior!

A Escola o que pode fazer é criar aquele espírito (de competência) no seu ensino e só deixar que se formem os que deem garantias de serem bons engenheiros. Não fará mais do que imitar o comerciante sério que, só vendendo produtos impecáveis, vai educando o público a preferir o que é bom.

Os industriais vendo que a Escola produz elementos úteis passarão a utilizá-los, em vez de os olharem com desconfiança.

Nesta útil obra educativa muito podem fazer os engenheiros já formados e colocados, não só pela sua atitude e propaganda da ideia, como também ajudando a Escola, junto dos Poderes Públicos, a realizar as suas aspirações. Talvez para isso possa contribuir a criação da Liga ou Associação dos Antigos Alunos. Pelo menos poderia esta evitar acções destes que, em vez de ajudarem a Escola, a prejudiquem; como já sucedeu, por simples ignorância das condições que explicavam o que eles criticavam.

Mas para que a Escola possa criar a mentalidade desejada é necessário que o aluno seja verdadeiramente formado pela Escola, isto é que a frequente do princípio ao fim do curso, e que não lhe seja fàcilmente possível andar por várias escolas (a fugir às dificuldades) e até ir terminar naquela de que deseja ter o diploma.

É claro que isto pouca importância teria se só fosse tomada em conta a competência, pois o aluno teria tido que estudar para saber, e então não interessaria muito saber onde.

Infelizmente não se poderá pensar nisso tão cedo.

Mas isto não é tudo.

Para o engenheiro desempenhar decentemente a sua missão necessita de ter educação e um certo grau de cultura, além da preparação puramente técnica.

Não se confundam Educação e Cultura com Ensino, porque são coisas bem diferentes.

À Escola compete ministrar o Ensino, mas quanto ao resto a Escola só poderá melhorar aquelas qualidades, que os alunos já devem trazer de fora, pois não se vão improvisar nem impôr aos 18 anos (ou mais). A Escola deveria até eliminar aqueles que as não tivessem.

Por Educação não entendemos só aquelas qualidades que correntemente se conhecem por esse nome (boas maneiras e apresentação, correcção e amabilidade, etc.); São indispensáveis para o digno desempenho da nobre função do engenheiro, uma sólida formação moral, um carácter recto e inteiro, e bem nítidos os sentimentos do dever, da honestidade, da responsabilidade e da justiça, e a consciência da sua posição no mundo técnico e social. É preciso também que saiba lidar com o pessoal e com os seus superiores, que saiba obedecer sem ser subserviente e mandar sem ser autoritário, dirigindo sem ser mole, mas respeitando os direitos dos seus subordinados; isto é: deverá ser um verdadeiro Chefe.

Mas as relações dos engenheiros não se devem limitar aos colegas e aos trabalhadores, a sua própria profissão os fará lidar com pessoas de alta categoria e tratar com colegas estrangeiros. Por isso e porque no nosso meio o engenheiro ocupa uma posição social de certa elevação é necessário que pelas suas maneiras ou incultura não envergonhe a classe.

Deveria poder sustentar uma conversa em qualquer sítio sem ter que contar «coisas da repartição» nem ter que recorrer ao estafado recurso dos comentários metereológicos. Deverá ter conhecimentos de história, arte, literatura (nacional e estrangeira); geografia (económia e política), conhecer o estrangeiro (por viagens ou leituras), falar línguas, etc., isto é: precisa ter uma boa Cultura geral.

Muitos destes conhecimentos são necessários para a profissão; assim o conhecimento de línguas deve fazer parte obrigatória da preparação do engenheiro, não só para facilitar as relações com os colegas estrangeiros como sobretudo para poder perceber os livros técnicos (ou de cultura), que necessite e não encontre em português, bem como as revistas necessárias para acompanhar os progressos da técnica. São indispensáveis o francês e o inglês (devendo-se falar correntemente uma delas) e muito convenientes o italiano e o alemão ou pelo menos o espanhol (em que há muito boas traduções).

É claro que se deve começar por exigir o conhecimento e o domínio da própria língua, pois o engenheiro terá na vida prática que fazer relatórios, exposições e às vezes palestras ou pequenos cursos de instrução aos seus colaboradores, ou mesmo para o público. Necessita por isso de ter facilidade de exposição, tanto oralmente como por escrito.

Isto já deveria vir da escola média. Infelizmente isso hoje não acontece, sendo frequentes os pontos de exame começando com frases neste estilo: «Ora pois então como nós evidentemente vemos...» (e o pior é que não vêem nada!). Vêem-se até erros de ortografia pasmosos, como «progessão», que vimos em Geometria Descritiva. E há que acrescentar que o aluno depois explicou «que o *g* tinha sido distracção».

Só se deveriam admitir os alunos cuja preparação científica e cultura geral satisfizessem. Depois durante o curso se avaliariam as suas qualidades morais; devendo a sua educação ser completada e aperfeiçoada, incutindo-se aos alunos, durante as aulas (sobretudo práticas) e pelos exames, as necessárias qualidades de trabalho, organização, método, bom senso, aprumo moral, etc., devendo até ser eliminados os que não ofereçam garantias morais para o futuro.

A cultura geral pode poderá também ser aumentada na Escola de Engenharia, com conferências, visitas, leituras e até com aulas obrigatórias, para certas matérias complementares das que são exclusivamente técnicas; por ex. Economia Política, Contabilidade, Organização, Legislação Comercial e Industrial, Social e de Trabalho e Previdência, e outras Ciências Sociais.

Somos contudo de opinião que, tirando estas cadeiras, a cultura do aluno deve ser aumentada naturalmente, isto é espontâneamente e não por imposição. Se o aluno for cultivado é natural que queira melhorar os seus conhecimentos, às vezes até para se distrair de estudos demasiado técnicos e equilibrar assim o seu espírito.

Caberá à Escola, com uma boa biblioteca e palestras adequadas, ajudá-lo nesta aspiração, bem como favorecer outras distracções saudáveis, como bons espectáculos culturais, prática de desportos, etc., auxiliando-o também na obtenção de conhecimentos práticos úteis para a vida, como dactilografia, estenografia, condução de automóveis, aperfeiçoamento de línguas (necessário no que se referir a termos técnicos), etc.

A melhor maneira da Escola exercer esta acção será por intermédio da Associação dos Estudantes, que já deu muito boas provas, dispensando-lhe todo o auxílio moral e material possível.

Também com subsídio do Estado esta poderia alargar ainda mais os serviços sanitários prestados e a ela poderia caber a resolução do problema do alojamento dos estudantes de fora, construindo já um «Lar», pois não se deve esperar por uma improvável (porque desnecessária) cidade universitária.

Melhoramentos possíveis

Assim como para a Educação e Cultura se deve partir dum mínimo já existente, assim para o Ensino se deverá partir dum mínimo de conhecimentos, devidamente comprovados, para se poder construir sobre bases sólidas.

Por esta razão e porque o ensino da engenharia, para ser eficás, só pode ser feito com um reduzido e escolhido número de alunos, achamos que o ingresso na Escola deveria ser feito por exame de admissão; e para todos.

Melhor ainda seria um concurso de admissão, com um número de vagas anunciado, havendo assim depois a garantia quase absoluta de emprego, no fim do curso.

Essa prova seria muito completa, com todos os elementos necessários para efectuar uma boa selecção, inclusivamente com «texts» do Instituto de Orientação Profissional. As perguntas não se limitariam às ciências directamente necessárias, sem esquecer uma rigorosa prova de desenho, mas também abrangeriam cultura geral e línguas. Destas podia-se, por ex., pedir uma tradução e uma retroversão. Deveria haver uma prova de redacção portuguesa, em que se pediria a descrição dum aparelho vulgar (uma balança, por ex.) e da maneira de trabalhar com ele. Isto não impede que também seja tomada em conta a redacção das outras provas, bem como a sua apresentacão.

Não nos parece viável, por ora, a sugestão do tirocínio prévio, em obras do Estado ou outras.

Nas grandes escolas estrangeiras de engenharia a entrada é por concurso, e tão apertado que, por exemplo, na escola de engenharia civil de Madrid (Caminos Canales y Puertos) as provas duram vários dias e são sucessivamente eliminatórias, podendo o aluno não entrar por falta de nota em... inglês!

E a propósito observemos que a Espanha com 28 milhões de habitantes tem uma só escola de engenharia civil, e nós com 8 milhões temos esta especialidade em duas. Isto é um argumento a favor da sugestão feita, no artigo que comentamos, para que nas duas escolas funcionassem cursos diferentes, podendo-se até aumentar o número actual de especialidades, que é de cinco.

Seria uma medida útil e económica, embora violenta, e por isso difícil.

Desapareceria assim automàticamente nos últimos anos o grave problema dos alu-

nos transferidos, que aliás se poderia reduzir muitíssimo (aos casos indispensáveis) com a reposição dos exames de equivalência.

Estes alunos que hoje mudam de escola e até de cidade são, salvo raríssimas excepções, alunos que andam a fugir às cadeiras difíceis e as vão tirar onde forem mais fáceis, e, como geralmente aparecem estando já bastante adiantado o ano lectivo, têm uma vida escolar atrapalhada, e ainda mais por serem vulgarmente maus alunos. Eles vêm sempre complicar a vida da escola, e até a dos seus colegas, pelas dificuldades que criam na organização de horários, de turmas, trabalhos de grupos, etc. sem contar que vêem aumentar muito (duplicar até) o número de alunos que um ano teria se só tivesse os alunos apurados no ano anterior.

Além disto tudo os transferidos, pela sua mobilidade, tornam impossível a efectivação da teoria actualmente determinada: que a selecção se deve fazer durante o curso e não à entrada, para o que se facilitou esta.

Teòricamente todos concordaremos com esta teoria, mas temos que verificar que ela na prática não dá bons resultados.

Uma prova de admissão bem planeada tem a vantagem de só deixar entrar alunos com as aptidões precisas para poderem seguir e também de os incitar a completar a preparação necessária, fora do Liceu, quando a deste não for suficiente, como sucede, embora o programa do exame de admissão não exceda o daquele.

Mostrou-nos a experiência de ensino no 1.º ano que muitas das dificuldades dos alunos provinham não só da falta de faculdades mas também da falta de preparação liceal, sobretudo nas matemáticas. Esses alunos arrastavam-se vagarosamente nos anos do curso geral.

Não seria melhor que reprovassem na admissão e perdessem um ano a preparar-se convenientemente, para depois seguirem sem atrazos o curso todo? Por um ano perdido quantos não poupariam!

E se o aluno não tivesse capacidade para engenheiro, não seria melhor desiludi-lo logo, enquanto ele é novo e pode seguir outra orientação (com melhor êxito), do que eliminá-lo ao cabo de muitos anos de estudo?

Pior ainda é quando, com a conhecida brandura dos nossos costumes, o vão deixando passar, por dó; e ao fim duma dúzia de anos (ou mais) formou-se um inútil para a sociedade, um falhado!

Com uma admissão facilitada teremos nos primeiros anos cursos enormes, onde se trabalha com muito pouco aproveitamento e em que a selecção é difícil de fazer com justiça e bom conhecimento dos alunos, sendo infelizmente impossível fazer qualquer coisa para corrigir a sua impreparação. Acabam por desistir aqueles em que esta é tão grande que provoca desastres sucessivos nos exames, embora as matérias do ano tenham sido estudadas com boa vontade.

Deste modo se faz inùtilmente perder tempo aos professores e dinheiro ao Estado, e ambas as coisas aos alunos.

Somos de opinião que não é indispensável o programa da admissão coincidir com o do Liceu, antes deve ser independente, até para não obrigar a Escola a ter que seguir todas as flutuações das reformas liceais. Em França e em Espanha há um ou mais anos de intervalo, para preparação aos concursos de admissão.

Parece-nos que o melhor seria que a Direcção da Escola e o Conselho Escolar, uma vez conseguida a plena independência (pelo menos pedagógica) determinassem o programa dos estudos, de acordo com as habilitações que deverá possuir o engenheiro recem-formado, e fixem o programa da admissão de acordo com o mínimo necessário para se poder seguir aquele.

Obtido isto, e acabadas ou reduzidas ao mínimo as transferências, poder-se-á trabalhar em condições de poder obter bons resultados, com uma massa reduzida de alunos, mas homogénia e continua.

Poder-se-á então procurar modificar a actual mentalidade dos alunos, convencendo-os da necessidade de estudar para saber e não só para «passar». E também de que são imprescindíveis qualidades de trabalho, método, organização, etc., não se dispensando as qualidades de carácter, a que atrás nos referimos.

O primeiro passo a dar será a supressão da «cábula», para o que basta simplesmente anular o ponto aos alunos surpreendidos em flagrante.

Outro problema a resolver seria o do desaparecimento das «cunhas», convencendo os alunos e suas famílias e amigos que de nada servem as suas recomendações quando os alunos não seguiram as dos seus professores, e de que são inúteis se as seguiram.

Exames e aulas práticas terão uma grande importância nesta acção reformadora.

Deixe-se para mais tarde a ideia de exames simultâneos de cadeiras «aparentadas» e façam-se os exames convenientemente orientados para o fim em vista, começando logo pelo de admissão.

Façam-se exames escritos e orais em cada cadeira, nestes se poderá averiguar melhor toda a ciência do aluno, por isso deveriam ser os últimos.

Nos escritos, cujas perguntas deverão ser judiciosamente escolhidas, se avaliarão as qualidades de método, exposição, redacção, ortografia e apresentação, devendo-se atender a todos estes requisitos, não bastando que se tenha respondido certo mas «de qualquer maneira». Deve-se até ter em conta a atenção prestada às indicações dadas no exame. Não se compreende, por ex., que recomendando-se aos alunos, no princípio, meio e fim dum exame, que não se esqueçam de pôr o seu número no papel e de assinarem no fim, venham muitissimos pontos sem assinatura e alguns até sem número.

Para desenvolvimento e averiguação das supracitadas qualidades, contribuirá poderosamente a aula prática, em que não há a desculpa do «nervosismo» para explicar a desordem.

Ela pode e deve exercer uma forte acção educadora, obrigando e habituando os alunos a prestar atenção às explicações e às indicações dadas e a segui-las, e convencendo-os de que não «basta fazer as coisas de qualquer maneira, mesmo com dados enganados, não tendo importância os resultados errados, se o raciocínio está certo». Há que lhes fazer ver que não serve a desculpa «mas eu cá percebo e sei como é e como devia ser, e onde está o erro», pois na vida real não é assim, o trabalho deve ser percebido por vários, e os erros podem até ser fatais, sendo sempre muito caros.

Exercitadas as qualidades de atenção do aluno ele tirará maior proveito das lições dadas nas aulas, pois se habituou a ouvir, a dar atenção e a fixar o que se lhe diz. Aumentou a sua receptividade. É sabido que alunos cuidadosos e ordenados fazem em regra boas provas e que os que o não são fazem quase sempre más provas, mesmo dentro do critério de só considerar a resposta exacta às perguntas sem olhar à forma.

Mas, para a aula prática produzir o seu efeito educador, é necessário que ela influa na classificação. Assim a nota da prática não deve ser só dada pelo resultado dum exame prático mas deverá ser a resultante deste e da nota da aula prática. Melhor ainda, deveria corresponder só a esta, sendo a outra nota a do exame.

Aquela nota, por sua vez, não deve traduzir apenas a classificação dos trabalhos do aluno, mas também a impressão do assistente sobre este.

Achamos da máxima conveniência, se o professor não dirigir nem frequentar a aula prática, que o seu assistente lhe forneça, oralmente ou por escrito, as suas impressões sobre o valor pessoal dos alunos. É claro que isto só será fácil com turmas pequenas.

As turmas com poucos alunos, absolutamente indispensáveis para o ensino prático ser eficaz, só serão possíveis naturalmente com uma frequência reduzida ou, quando for elevada, diminuindo os números limites (acima dos quais se subdividem as turmas) para uns 10 a 15 alunos para laboratórios e aulas com aparelhos e 25 nas restantes. Os números actualmente em vigor, em todas as escolas da nossa Universidade, são muito mais elevados. A introdução daqueles traria um aumento de despesa com o pessoal, pois nem todos podem fazer turnos sem despesa para o Estado, isto é fazerem horas extraordinárias sem as receber.

A ligação entre a aula prática e a teórica deveria ser a mais completa possível, sendo aquela o complemento, a exemplificação desta, para a qual estaria como as gravuras dum livro para o texto.

Infelizmente, pela natureza de algumas matérias, este paralelismo nem sempre é possível. Mas sendo-o deve-se procurar consegui-lo. E como se deve partir do princípio que «*o aluno não é obrigado a ir à aula teórica mas deve saber o que se lá dá*» muito tempo se ganharia evitando a repetição das explicações teóricas, limitava-se o assistente a explicar o indispensável para estabelecer a ligação entre a teoria e a prática.

Combinando isto com a obrigação dos trabalhos práticos serem feitos na aula e a obrigatoriedade da realização e entrega dum certo número de trabalhos num certo prazo, o aluno teria implìcitamente, e muito ùtilmente, que estar em dia com a teoria.

Isto evitaria o pernicioso método de estudo que quase todos têm; só estudar nas vésperas dos exames de frequência, e para isso faltam a tudo; e mais: querem os exames espaçados de acordo com a importância que lhes dão. Todos sabem que «são precisos 10 dias para tal cadeira, e que bastam 2 para estoutra». Porque, embora teòricamente todas as cadeiras tenham a mesma importância, na prática os alunos distinguem entre cadeiras e... «bancos».

E se eles se contentassem com aqueles espaçamentos só entre os exames ordinários ainda se admitia, mas querem-nos também para os extraordinários. Resultado o tempo de exames excederia muito as férias de ponto em que deviam ser realizados. Já o excede bastante e o pior é que durante os exames quase nada se faz, pois o número de alunos que vai às aulas é tão reduzido que chega a anular-se.

E o mais grave é que já há tendência para eles considerarem as férias de ponto como férias «tout court» e não como um período destinado originàriamente à realização dos exames e aos últimos retoques na preparação para estes.

Aqui também há que rectificar um defeito corrente: a preparação para exames, principalmente escritos. Conhecendo o aluno a matéria pela aplicação da prática basta-lhe repeti-la para a fixar. Não tem que perguntar «o que vai sair?», «quantas perguntas são?», «quanto tempo dura o exame?», etc. Não se trata de aprender habilidades para exibir naquele dia, mas de estudar e provar que se sabe.

Parece-nos que logo que fosse possível haveria que modificar o actual regime de exames de frequência, que teve em parte a sua origem no excesso de população escolar.

Restabelecer-se-iam os 3 exames de frequência, sistema mais conveniente do que o actual, até porque agora uma nota baixa (proveniente duma infelicidade) muito defìcilmente se pode compensar ao mesmo tempo que há alunos que beneficiam de 3 arredondamentos, no cálculo da média dalgumas cadeiras.

Como a matéria para cada exame seria menos extensa, e o aluno era obrigado pela prática a acompanhá-la, a preparação para o exame limitar-se-ia a recapitulações e não haveria necessidade de férias de ponto.

Os exames realizar-se-iam antes e depois das férias do Natal e da Páscoa e durante o mês de Julho (1 a 20, por ex.), havendo conveniência em se manter duns anos para os

outros a arrumação relativa dos exames. As datas destes deveriam mesmo ser afixadas no princípio do ano lectivo; e respeitadas. Isto não só como exemplo para os alunos, como para eles e os professores saberem com o que contam e organizarem a sua vida.

Isto seria muito facilitado se se acabasse com o desdobramento em exames ordinários e extraordinários (que já nem têm a justificação da receita), e que são geralmente frequentados por todos os alunos que por desleixo nunca estão preparados a tempo do ordinário (e às vezes nem do outro). Por isso os exames extraordinários são os mais ordinários.

Com uma só chamada seria muito mais fácil uma boa marcação de datas, quanto à antecipação e espaçamento de provas.

Só em caso de doença comprovada é que o aluno seria autorizado a realizar um exame extraordinário.

Já que se falou em assistência às aulas teóricas queremos dizer que discordamos da opinião corrente segundo a qual se as lições do professor forem interessantes ele terá muita assistência. Isto só se verifica, na prática, com respeito a um pequeno núcleo de alunos aplicados. Os restantes só lá vão se necessitarem de tirar apontamentos, e nem todos. Muitos há que vão sempre a extraordinário com os apontamentos dos que foram a ordinário. Se até a hora da aula influi na assistência. Conhecemos professores óptimos que só tinham 2 ou 3 alunos, porque havia folhas muito bem feitas, feitas até por eles.

E tocámos agora noutro problema, o dos apontamentos e das folhas, que é muito difícil de resolver, não só por dificuldades económicas como de outra ordem: falta de tempo, incerteza do futuro, variações da matéria, etc.

O ideal seria evidentemente que o professor publicasse um tratado em que estaria tudo o que desejaria dar, mas enquanto o não puder fazer, seria muito conveniente a publicação dum pequeno resumo, formulário e índice da matéria, espécie de esqueleto a que a carne seria aplicada na aula, pela desenvolvimento daquela.

Isto, sem dispensar a frequência da aula teórica, teria a vantagem de dar ao aluno uma ideia de síntese e de conjunto, que ele muitas vezes não tem, por se ter embrenhado e perdido nos casos particulares. Foi com este critério que fizemos uns «Apontamentos da Geometria Descritiva», que a Associação publicou em 1945; sòmente aí o trabalho foi feito em sentido inverso, pois se partiu da matéria dada na aula teórica, acrescentando-se como introdução os conhecimentos necessários de Geometria do Liceu.

Devemos fazer justiça à Associação dos Estudantes pelo grande esforço desenvolvido pela sua Secção de Folhas, cujas realizações são notáveis, não se poupando a esforços nem a despesas, para melhor servir, como tivemos ocasião de ver naquele mesmo ano em que, para melhor reprodução das figuras de outro trabalho nosso (Exercícios de Geometria Descritiva), não hesitou em adquirir novos aparelhos.

Do que dissemos atrás temos de concluir que: enquanto se não modificar radicalmente a mentalidade do aluno, enquanto se não tiver creado nele o desejo de aprender para saber e o sentido da sua responsabilidade perante a vida, parece-nos perfeitamente inútil e talvez até perigoso (por o fracasso ser a morte da ideia) pensar em aulas facultativas, seminários, etc. Por ora devemo-nos contentar com que os alunos façam a sua obrigação; não podemos esperar que façam mais, por devoção.

Pelas mesmas razões nos parece que se deveria deixar para muito mais tarde a organização de estudos elásticos, pois com a mentalidade atual veríamos os alunos a somar os pontos necessários à custa das cadeiras que forem mais fáceis, sem atenderem ao seu interesse, e isto na ânsia de acabar um curso.

Parece-nos contudo que chegado o aluno a esta fase (de mentalidade nova) já não

haveria razão para ele não passar para um ano sem ter o anterior completo. Seriam anos rígidos em cursos elásticos? Mas isto é só um detalhe, agora sem importância.

Pessoal docente

Não queremos deixar de tocar neste assunto, embora ele seja melindroso, dada a nossa situação.

Parecendo-nos teòricamente muito bem o que se escreveu a este respeito na «Contribuição...» devemos advertir que, pràticamente, a maior parte das sugestões aí apresentadas não são viáveis, nem o serão tão cedo. Há regras, leis e organizações estabelecidas e que se não podem modificar; e também há hábitos tão arreigados e preconceitos tão fortemente enraízados que se não conseguem arrancar.

Encarem-se de frente as realidades e procure-se resolver o problema atendendo a elas, o que é preferível a querer resolve-lo em condições hipotéticas, embora ideais.

Assim tem que se partir destes pontos:

O I. S. T quando da sua fundação pertencia ao Ministério do Fomento e gosava de grande autonomia, que logo lhe começaram a reduzir, e hoje pertence ao Ministério da Educação Nacional, fazendo parte, com outras escolas da Universidade Técnica. A tendência é fazer com que o Técnico se assemelhe aquelas e a nossa Universidade à Clássica.

Os professores e os assistentes não podem acumular o seu lugar na Escola com outro lugar de engenheiro do Estado, nem sequer com outro lugar de ensino.

Não se pode pensar em autonomia financeira e administrativa do Instituto, pelo menos no que diz respeito a quadros de pessoal e seus vencimentos.

Os vencimentos dos professores catedráticos e os dos assistentes, enquanto assim se chamarem, só podem ser os que constam do quadro geral (dos vencimentos) do Decreto n.º 26 115, acrescidos do aumento legal (80 % sobre a base).

Os professores catedráticos são de nomeação vitalícia e os assistentes são contratados por períodos de 5 anos, tendo desaparecido a categoria de «chefe de trabalhos» ou de «laboratório», que era vitalícia e se destinava justamente fixar os melhores elementos.

Difìcilmente se poderá exigir que os professores catedráticos deem as aulas práticas (excepto se não tiverem assistente) ou vão a estas, pois a muitos a sua vida os impediria, e há tempo demais que estas determinações do Prof. Dr. Alfredo Bensaúde caíram em desuso.

Há pois que ter assistentes com a competência necessária não só para dar as aulas práticas seguindo as indicações do professor, como ainda, sempre que necessário, determinar o programa destas, organizar os trabalhos e exercícios, e até fazer exames, teóricos e práticos, classificar as provas destes, reger na ausência do professor, etc.

Mesmo sem relembrar as opiniões do Fundador do Técnico se vê que muitas são as qualidades que devem possuir os assistentes, por terem de exercer funções de tal responsabilidade, e como devem ser acarinhados e protegidos e como também têm direito a fazer ouvir a sua voz em questões de ensino. Por isso concordamos com a ideia de terem um representante no Conselho Escolar.

Não há dúvida que haverá que fazer uma selecção cuidadosa, mas como quem quer bons elementos tem que os pagar, haverá em primeiro lugar que melhorar a sua situação, aumentando os seus vencimentos e dando-lhes estabilidade e esperanças para o futuro.

Esta estabilidade também é necessária para bem do ensino, pois sem ela não se pode estudar a fundo a matéria, nem vale a pena fazer despesas com livros, revistas, visitas de estudo ou tirocínios e trabalhos de investigação, cujos resultados não se chegariam talvez a aplicar.

A propósito: parece-nos muito boa ideia a das bolsas de estudo para o pessoal docente, mas já nos parece de difícil aplicação a da troca de professores.

Outra razão porque é necessária a estabilidade: todos os que ensinam sabem, por experiência, que não é ao primeiro nem ao segundo ano que um curso de matéria nova nos satisfaz, vamos sempre aperfeiçoando-o. E isto não pela dificuldade de estudar o assunto a ensinar, mas porque só a experiência nos informa sobre as reacções dos alunos, que são imprevisíveis. Quantas vezes o que nos parecia fácil custa a ser compreendido, e com o que receávamos seria custoso sucede o contrário.

E assim se vai melhorando a maneira de apresentar a matéria. E também melhorando o programa dos exercícios e trabalhos práticos, chegando-se a conhecer os erros em que os alunos habitualmente caem, o que permite procurar evitá-los, advertindo-os a tempo.

Não há dúvida que o ensino requer muita dedicação e muito tempo. Para uma hora de aula quantas dezenas de horas de preparação! Para aproveitar uma dúzia de bons exercícios quantas dezenas não há que resolver! E a revisão dos trabalhos e dos pontos?! Isto não vêem aqueles que invejam a sorte dos professores, porque só contam as horas de aula... e as férias.

Dando boas garantias já se pode fazer uma selecção rigorosa, como dissemos, e assim também se poderão atrair e fixar bons elementos. Senão haverá tendência para o lugar de assistente ser um lugar em que se fica à espera de melhores dias, ou quando muito para acumular com um lugar particular, muitas vezes com prejuízo daquele.

Sendo tão mal pago o lugar de assistente (o de 2.º assistente sobretudo) chega a acontecer que, não havendo engenheiros desempregados que o queiram, haja que recorrer a assistentes alunos, o que não é boa solução; até pelo mau efeito que isso produz no público e nos engenheiros, que julgam o efeito, desconhecendo as causas, como já sucedeu.

O assistente deveria ter categoria superior à de engenheiro de 3.ª, que é a que terá um aluno seu, recem-formado, ao entrar para o Ministério das Obras Públicas. Ora esta é, justamente, a que têm os primeiros assistentes do quadro, que são os que estão melhor. Os segundos assistentes do quadro, com 1.100$00 (de base) correspondem aos desenhadores de 1.ª classe do citado Ministério!

O 1.º e 2.º assistentes fora do quadro recebem o mesmo, mas só durante os meses de aulas.

Como remediar isto? Parece-nos que só desta maneira:

Aumentando o quadro de assistentes, de acordo com o aumento natural da população escolar, que fez aumentar muito o número de aulas práticas. Isto é razoável, e assim acabariam os que não ganham todo o ano.

Acabando com a categoria de 2.º assistente, pois não se justifica que haja, por tempo indeterminado, pessoas desempenhando o mesmo cargo e recebendo vencimentos tão desiguais, e com categoria inferior à que virão a ter os seus alunos logo que sejam engenheiros do Estado.

Melhorando a situação dos 1.os assistentes, para o que bastará conseguir a sua equiparação com os professores extraordinários das outras escolas, nome este que em Novembro de 1941 se deu aos antigos professores auxiliares, que assim saíram da categoria K (1.600$00 de base), em que estavam equiparados aos 1.os assistentes do Técnico para receberem 2.000$00 (de base), pois tal foi o vencimento atribuído aos professores extraordinários. Parece-nos justo este pedido.

Havendo só duas categorias de aulas: as teóricas e as práticas é natural que só haja duas categorias de professores, que seriam os catedráticos e os extraordinários.

Como recrutar estes? Os professores interessados escolheriam entre os seus antigos alunos os que lhe parecem mais indicados. Podia-se-lhes até exigir certas provas, como

apresentação de trabalhos feitos, certificados, classificação mínima do curso, exposição de assuntos da matéria a dar, etc.

O eleito ou os escolhidos dariam, durante dois anos por ex., aulas práticas, sob a orientação dos professores respectivos e com a assistência (esporádica e até inesperada) dum jury, que também apreciaria o curso prático organizado pelo tirocinante, os exercícios propostos, o seu modo de expôr, as suas qualidades disciplinadoras e de educador, de método e pedagógicas, e os trabalhos que ele tivesse feito nesse período, de carácter profissional ou pedagógico.

Durante este tempo de prova poderia o vencimento ser o de engenheiro de 3.ª, e teriamos uma terceira categoria (provisória) que poderemos chamar professor estagiário.

Findo aquele tempo se ele satisfizesse passaria imediatamente à categoria de professor extraordinário, que seria vitalícia. Se não satisfaz deve sair logo que se chegue a essa conclusão.

Havendo mais dum candidato escolhe-se o melhor, aprovando ou não os outros se se vir que têm qualidades pedagógicas, permitindo-se-lhes assim ir para outras vagas que se dêem em cadeiras da sua especialidade.

Atraídos e fixados deste modo bons elementos, fácil será encontrar entre eles futuros catedráticos, que terão a vantagem de já terem tido contacto directo com os alunos e de conhecerem as necessidades destes, das aulas práticas e dos que as dão; e também de continuarem o espírito da Escola. Isto não quer dizer que se não convidem ou não se admitam em concurso elementos estranhos à Escola, de reconhecido valor, pois até «servem para lhe refrescar o sangue».

Sobre professores catedráticos e sua nomeação nada mais queremos dizer (por razões óbvias) a não ser que nos parecia que o ponto principal a debater deveria ser o programa do curso, ou melhor o curso mesmo. E isto tanto para o caso de convite como para o de concurso.

E para terminar este capítulo, devemos confessar que discordamos da opinião corrente segundo a qual o professor deve ser também um investigador. Parece-nos que tal não é indispensável e até nalguns casos (de deformação profissional) pernicioso. Embora todos conheçamos óptimos professores que são investigadores notáveis, também conhecemos explêndidos professores que nunca descobriram nada. Alguns até fizeram más provas no exame de estágio, ou no doutoramento, ou no concurso ou nunca fizeram este, o que mostra só que essas provas podem estar mal orientadas ou serem inúteis.

Parece-nos que o professor deve sobretudo estar ao corrente das novas investigações e descobertas e saber apresentá-las aos alunos, traduzindo-as para estes, quando lhes encontrar utilidade.

Cursos novos. Cadeiras novas

Pouco diremos sobre o primeiro assunto pois na «Contribuição...» já vem uma longa lista de indústrias que necessitarão de engenheiros especializados.

Parece-nos que alguns dos cursos actuais poderiam ser desdobrados, como por ex. o de Civil que abrange demasiadas especializações. Talvez também o de Electricidade. Isto antes dos tais estudos elásticos.

No curso de Civil talvez houvesse vantagem numa aula prática correspondente às oficinas dos cursos de Mecânica e Electricidade, em que os alunos fizessem argamassas, betão, muros de tijolo, etc.

Não há dúvida que faltam Laboratórios, mas parece-nos que o mais fácil, administrativamente, seria eles terem vida autónoma, trabalhando para fora, e os alunos irem lá

fazer os seus trabalhos, sob a direcção dos seus assistentes, possìvelmente numa secção que lhes estaria reservada.

Além das cadeiras de estudos sociais, que atrás lembramos, parece-nos que haveria vantagem na criação duma cadeira em que se estudasse a Organização do Trabalho, Taylorismo, «Planning», Racionalização, etc.

Também seria útil, para todos os cursos, uma Cadeira de Cálculo Abreviado ou Rápido, onde se estudariam os seguintes capítulos:

Cálculo Mecânico — com máquinas de calcular e régua de cálculo.

Nomografia

Cálculo Gráfico.

Cálculo Escrito e Mental — a que se dedicariam muito poucas aulas, só para completar o conjunto, relembrando-se os processos já conhecidos como séries, logarítmos, etc. e aprendendo outros, como operações abreviadas, processo das diferenças, etc.

O Cálculo Gráfico e a Nomografia começaram a ser dados pelo Sr. Prof. Dr. Ferreira de Macedo, que para isso fez reaparecer a 2.ª parte da Geometria Descritiva, dando além disso: Geometria Projectiva, Perspectiva (Paralela, Cónica e Independente) e a parte da Geometria Discritiva que não se conseguia dar na 1.ª parte.

Quando nos encarregaram da regência da 2.ª parte, manifestaram-nos o desejo de que dessemos também: Máquinas de calcular e Régua de Cálculo. Só conseguimos dar esta, pois a cadeira foi reduzida duma hora teórica semanal, e não podíamos deixar de dar a Perspectiva (Paralela e Cónica), além da Nomografia e do Cálculo Gráfico. Damos também 4 aulas de Cálculo Mental e Escrito.

Achamos também muito útil o conhecimento das Máquinas e Instrumentos de Cálculo, (como somadoras e multiplicadoras, máquinas de estatística e de contabilidade integrafos e integrametros, «tide-predictor», etc., etc.) bem como o da Estereotomia, da Pedra e da Madeira, pois nos parece que nada se dá sobre construções em madeira, andaimes, simples, etc., e muito pouco sobre o trabalho da pedra.

Por estas razões nos parece que, criada a tal cadeira de Cálculo Abreviado, se poderia conservar a Geometria Descritiva II (só para o curso de Civil) para nela se estudar além dos complementos da 1.ª parte, a Perspectiva (Paralela, Cónica e Independente) e a Estereotomia (da Pedra e da Madeira).

Das Máquinas de Calcular tínhamos pensado dar o princípio geral do funcionamento das máquinas mais correntemente usadas e umas noções da sua classificação, obtendo das casas vendedoras que viessem fazer demonstrações e possívelmente que as emprestassem, fazendo-se também uma visita às organizações que possuíssem máquinas estatísticas e de contabilidade mecânica. Procurar-se-ía assim dar a conhecer ao aluno a existência e o trabalho dessas máquinas, que na vida profissional muito o poderão auxiliar.

Com estas sugestões, talvez demasiado desenvolvidas e pessoais, mas que eram necessárias para responder ao inquérito, terminamos estas observações, por cuja extensão temos que pedir desculpa a quem nos leu... até ao fim.

P. S. — Já depois de impressas estas notas, tivemos o prazer de ouvir a interessantíssima palestra do Sr. Prof. Eng. Max Jacobson: «O Ensino Técnico Superior e a formação do Engenheiro em França», que deverá ser publicada num dos próximos números da «Revista da Ordem dos Engenheiros», pelo que recomendamos a sua leitura a todos aqueles que se interessam por estas questões de Ensino de Engenharia.

GABINETE DE ESTUDOS HIDRÁULICOS

ORGANIZADO EM 1945

Telefones 4 5451 e 5 3873 — Rua Rodrigo da Fonseca, 62-4.º D.to — LISBOA

ABASTECIMENTOS de ÁGUA

Direcção do
Eng.º Ferreira Chaves

Alguns trabalhos realizados:

Abastecimento de Água de Setúbal.

Ampliação do Abastecimento de Água do Funchal (Plano Geral).

CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS
SONDAGENS

Direcção do
Eng.º Augusto Cavaco

Alguns trabalhos realizados:

Estação de Valada (Comp.ª das Águas de Lisboa).

Captações do Canário (S. Miguel — Açores).

TRABALHOS MARÍTIMOS
FUNDAÇÕES

Direcção do
Eng.º Vasco Costa

Alguns trabalhos realizados:

Estudo de obras acostáveis (Figueira da Foz e S. Tomé).

Fundação flutuante sobre lôdos (Sacavém).

APROVEITAMENTOS
HIDRO-AGRÍCOLAS
E
HIDRO-ELÉCTRICOS

—

"APAGEL"

Direcção do
Eng.º Barrancos Vieira

Alguns trabalhos realizados:

Rega (projectos e execução):

Aprov. Hidro-Agrícola de Vale de Moura (Rega de 250 ha).

Aprov. Hidro-Agrícola de Mercês (Rega de 40 ha).

Energia (projectos):

Aprov. Hidro-Eléctrico do Biópio (Angola).

Obras de Derivação e Central Subterrânea de Salamonde (Cávado).

PRODUTOS
DYRUP

TINTAS E VERNIZES
TIPO AMERICANO

FÁBRICA DE
TINTAS DE SACAVÉM
S. A. R. L.

SACAVÉM—PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105
LISBOA 42651 42156

Companhia União Fabril
Sede: Rua do Comercio, 49
LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL
DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila-Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de utomoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval
(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

L. DARGENT
T. CONDE DA PONTE
LISBOA
TELEFONE 37006

CALDEIRAS A VAPÔR
E A
ÀGUA SOBREAQUECIDA
LARDET
Pressões até 50 Hpz
Debitos de 1T5 a 30T/H

LD

TODOS OS COMBUSTIVEIS
GRELHAS MANUAIS E MECÂNICAS
FACILIDADES DE INSTALAÇÃO
SIMPLICIDADE DE CONSERVAÇÃO
RENDIMENTOS ELEVADOS

DIMENSIONAMENTO EXPERIMENTAL DAS ESTRUTURAS [1]

POR MANUEL ROCHA

(Engenheiro-Chefe de Serviço, Laboratorio de Engenharia Civil)

C. D. 624.04.001.57

SUMÁRIO

Este trabalho pretende dar uma vista de conjunto sobre as possibilidades actuais de dimensionamento de uma estrutura [2] *a partir da observação de modelos.*

Começa-se por referir a conhecida deficiência dos métodos analíticos, acentuando-se quanto ela é flagrante quando se pretende fazer a previsão do comportamento de uma estrutura fora do domínio elástico, previsão cuja necessidade é imposta pelos modernos conceitos de segurança.

A semelhança mecânica é tratada com toda a generalidade, quer para os equilíbrios estáticos quer para os dinâmicos. Considera-se, em primeiro lugar, o caso do protótipo e do modelo serem constituídos pelos mesmos materiais, possuindo estes propriedades mecânicas quaisquer, e depois é tratado o caso geral do modelo ser constituído por materiais diferentes dos do protótipo. A partir deste último caso são tratados os equilíbrios elásticos, entre os quais se consideram com especial desenvolvimento os equilíbrios a duas dimensões e os equilíbrios de estruturas constituídas por peças lineares.

Quanto à construção dos modelos, é discutido o problema da escolha das escalas a adoptar e são apresentadas as propriedades dos materiais utilizados na construção de modelos, em especial dos materiais elásticos. São também referidas as técnicas seguidas para a aplicação de solicitações aos modelos.

Expõem-se os métodos de determinação dos deslocamentos, das extensões e das tensões desenvolvidas nos modelos. Quanto à determinação das extensões indicam-se as vantagens e inconvenientes dos tipos de extensómetros correntemente usados. Refere-se a determinação das isostáticas pelo método da pintura com vernizes frágeis.

São apresentados os métodos especiais para o estudo de modelos de estruturas constituídas por peças lineares os quais têm especial interesse para o estudo de estruturas só exteriormente hiperestáticas.

O método da fotoelasticidade é muito brevemente considerado.

Finalmente são apresentadas as conclusões nas quais se referem as possibilidades e as exigências dos métodos experimentais.

---

(1) A maior parte do presente trabalho foi exposto pelo autor no ciclo de conferências organizado pelo Laboratório de Engenharia Civil que decorreu de Outubro de 1950 a Março do corrente ano.

(2) Designamos por estrutura a parte de uma construção cuja função essencial é resistir aos efeitos das solicitações.

PLANO DO TRABALHO

CAPÍTULO I: Aspecto geral do problema do dimensionamento das estruturas

CAPÍTULO II: Semelhança mecânica

A. — Modelos constituídos pelos mesmos materiais dos protótipos: materiais com leis de deformação quaisquer

a) Protótipo em equilíbrio estático sob a acção de forças de superfície
b) Protótipo em equilíbrio dinâmico sob a acção de forças de superfície e mássicas
c) Protótipo submetido a variações de volume
d) Objecções e conclusão

B. — Modelos constituídos por materiais diferentes dos dos protótipos

a) Protótipo em equilíbrio estático sob a acção de forças de superfície
b) Protótipo em equilíbrio dinâmico sob a acção de forças de superfície e mássicas
c) Protótipo submetido a variações de volume

C. — Protótipo em deformação elástica

Caso geral

a) Protótipo em equilíbrio estático sob a acção de forças da superfície
b) Protótipo em equilíbrio dinâmico sob a acção de forças de superfície e mássicas
c) Protótipo submetido a variações de volume

Equilíbrios a duas dimensões e a deformação plana

Estruturas lineares

a) Estrutura linear qualquer
b) Estruturas lineares planas submetidas a forças no seu plano
c) Estruturas lineares, planas ou no espaço, constituídas por peças rectilíneas articuladas

CAPÍTULO III: Construção dos modelos

A. — Escalas

B. — Materiais

a) Celuloide
b) Plásticos
c) Gesso e misturas de gesso com diatomite
d) Metais e outros materiais
e) Materiais para fotoelasticidade

C. — Aplicação das solicitações

CAPÍTULO IV: Observação dos modelos

A. — Determinação dos deslocamentos

B. — Determinação de estado de deformação

C. — Determinação do estado de tensão

D. — Modelos de estruturas lineares

a) Método geral
b) Métodos particulares

E. — Fotoelasticidade

CAPÍTULO V: Conclusões

SIMBOLOGIA

a	Coeficiente de dilatação térmica
b	Espessura de uma secção rectangular
C, C_1, C_2, C_3	Constantes
D	Diâmetro
dA	Secção transversal da fibra média
E	Módulo de elasticidade
F	Força concentrada
f	Tensão aplicada na superfície
G	Módulo de deslisamento
h	Altura de uma secção rectangular
I	Momento de inércia
I_t	Momento polar de inércia
K	Constante
L	Comprimento de um segmento
l, m, n	Cosenos directores
M	Momento flector
M_t	Momento de torsão
N	Esforço normal
Ox, Oy, Oz	Eixos coordenados
R	Reacção de apoio concentrada
r	Tensão devida a uma reacção de apoio distribuída
S	Secção transversal
T	Esforço transverso
t	Tensão
X	Componente de uma força na direcção Ox
$\frac{1}{\alpha}$	Escala das tensões
$\frac{1}{\beta}$	Escala das extensões
γ	Deslisamento
Δ	Variação de temperatura

δ Deslocamento

ε Extensão

ξ, η, ζ Coeficientes de forma

Θ Período

ϑ Tempo

$\frac{1}{\lambda}$ Escala dos comprimentos

$\frac{1}{\mu}$ Escala dos módulos de elasticidade

ν Coeficiente de Poisson

$\frac{1}{\rho}$ Escala das massas específicas

σ Tensão normal

$\frac{1}{\tau}$ Escala dos tempos

$\frac{1}{\varphi}$ Escala das forças

$\frac{1}{\chi}$ Escala dos coeficientes de dilatação térmica

Ψ Ângulo

$\frac{1}{\omega}$ Escala das temperaturas

Capítulo I

ASPECTO GERAL DO PROBLEMA DO DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS

1. — Ao projectar uma estrutura começa-se por escolher os tipos de materiais a utilizar e por arbitrar as suas formas e dimensões de tal modo que a finalidade a desempenhar pela estrutura seja atingida com segurança, economia e beleza. Nesta escolha o projectista é guiado essencialmente pelo conhecimento da maneira como se comportam as estruturas com características análogas e pela sua intuição.

É na arte de escolher os materiais e de lhes arbitrar as formas e as dimensões, entre as inúmeras alternativas geralmente possíveis, que o projectista revela o seu poder criador.

Uma vez eleitos certos materiais e as suas formas e dimensões, levanta-se, quer se trate de uma ponte de alvenaria, de um pavimento de betão armado, de uma barragem de terra, etc., um problema fundamental: averiguar se a estrutura, ao ser submetida às solicitações [1] previstas, se encontrará em boas condições de segurança. Por vezes ainda é necessário averiguar se, sob a acção das solicitações, a estrutura satisfaz a outras condições, como, por exemplo, flechas inferiores a dados limites, ausência de fendas, de vibrações, etc.

Deve notar-se que em muitos casos não é a consideração do efeito das solicitações que impõe as dimensões mas sim exigências de outra ordem, tais como as de isolamento térmico e acústico dos edifícios, etc.

Para avaliar a segurança duma estrutura basta, por vezes, o julgamento pessoal. Tal é o caso de estruturas pouco dispendiosas cuja eventual rotura não acarrete repercussões graves, sobretudo quando têm de ser executadas com urgência, e de estruturas com características inteiramente análogas às de outras já existentes comportando-se satisfatòriamente.

Porém, na maior parte dos casos, este julgamento é insuficiente pois poderá conduzir a estruturas pouco económicas ou mesmo inseguras.

Foi só no século XIX que a ciência pôs à disposição do projectista, até então exclusivamente empírico e artista, teorias capazes de o informar quantitativamente acerca da segurança, as quais o libertaram em grande parte da necessidade do julgamento pessoal. Desde então para indagar da segurança passou-se a determinar, pela Teoria da Elasticidade e pela Resistência de Materiais, os estados de tensão das estruturas provocados pelas solicitações previstas, e a averiguar se as componentes do estado de tensão satisfazem a certas condições, como as fornecidas pelas teorias de rotura estática e dinâmica e pela teoria da estabilidade dos equilíbrios. Na maior parte dos casos esta averiguação limita-se ao confronto das tensões máximas de tracção e de compressão desenvolvidas em cada ponto com certos limites designados tensões de segurança.

Não se deve esquecer que mesmo nos tipos de estruturas cujos métodos de cálculo estão mais evoluídos há sempre elementos cuja segurança é averiguada por julgamento do projectista.

2. — Examinemos, a traços largos, quais as possibilidades e as limitações da Teoria da Elasticidade e da Resistência de Materiais para a determinação do estado de tensão nos pontos duma estrutura.

---

[1] Designamos por solicitação qualquer causa que provoque deformações como, por exemplo, forças, variações de temperatura, variações de estado higrométrico, etc.

A Teoria da Elasticidade é desenvolvida a partir da hipótese de que as deformações são pequenas e de que os materiais são perfeitamente elásticos, isto é, que existem relações lineares e homogéneas entre as componentes da tensão e da deformação. Apesar destas hipóteses extremamente simplificadoras, a Teoria da Elasticidade fornece um sistema de equações diferenciais às derivadas parciais, o qual, em face das necessidades do projectista, é em geral, pode bem afirmar-se, impossível de integrar.

Por vezes a integração é possível mas exige desenvolvimentos analíticos de tal modo extensos que a desvalorizam do ponto de vista das aplicações, pois o custo do trabalho de cálculo não deve exceder uma pequena fracção do custo da estrutura e, além disso, os prazos impostos para a conclusão das obras acarretam frequentemente fortes limitações ao tempo que pode ser destinado ao cálculo.

No entanto deve frizar-se o inestimável valor da Teoria da Elasticidade pois, por um lado, fornece a solução de certo número de problemas com interesse nas aplicações, e, por outro, o conhecimento dos seus aspectos fundamentais é indispensável para se poder atingir o grau de compreensão dos fenómenos de deformação dos sólidos necessário mesmo para a solução judiciosa dos problemas mais modestos.

A dificuldade de integração das equações da Teoria da Elasticidade impôs que, para os sólidos com as formas e as solicitações mais correntes na construção, se desenvolvessem teorias particulares de cálculo de tensões e de deformações. É o conjunto dessas teorias, tais como as teorias da flexão e da torsão de peças lineares, a teoria das placas, a teoria das estruturas constituídas por peças lineares, etc., que se designa por Resistência de Materiais.

Anàlogamente à Teoria da Elasticidade, as teorias da Resistência de Materiais são, em geral, estabelecidas a partir da hipótese de que as deformações são pequenas e os materiais perfeitamente elásticos.

A aplicação da Resistência de Materiais topa, muito frequentemente, com uma grande dificuldade: as formas e os tipos de solicitação das estruturas são em geral diferentes daqueles para os quais são aplicáveis directamente as teorias estabelecidas. Perante esta situação é-se obrigado a estabelecer hipóteses simplificadoras as quais consistem em geral na divisão da estrutura em partes, que se consideram independentes ou cujas acções recíprocas se arbitram (articulações, encastramentos perfeitos, etc.), e na assimilação dessas partes e das respectivas solicitações aos sólidos tipos da Resistência de Materiais, tais como, vigas, lages, estruturas constituídas por peças lineraes, etc., submetidos a solicitações de efeito calculável.

Frequentemente cai-se em hipóteses de cálculo extremamente grosseiras que conduzem, a maior parte das vezes, a soluções pouco económicas, pois o desconhecimento do real comportamento da estrutura leva a estabelecer de preferência hipóteses do lado da segurança, podendo contudo tais hipóteses conduzir mesmo a soluções inseguras.

3. — Se a determinação do estado de tensão das estruturas em regime elástico é, como se acaba de ver, frequentemente pouco satisfatória, a determinação pela Teoria da Plasticidade dos estados de tensão em regime não elástico é inteiramente insatisfatória.

Tal resulta de que surgem grandes dificuldades analíticas quando se têm de considerar relações não lineares entre as componentes dos estados de tensão e de deformação [1], sobretudo quando se pretende ter em conta as deformações função do tempo. Mesmo a elaboração de teorias particulares do tipo das da Resistência de Materiais é bastante complexa, de tal modo que são muito pouco numerosas as estabelecidas até hoje [2].

A complexidade das teorias não lineares resulta não só das dificuldades analíticas inerentes à consideração de relações não lineares para definir o comportamento dos mate-

(1) Prager, W., «Theory of plasticity», Brown Univ., 1942.

(2) Nadai «Theory of flow and fracture of solids», Mc. Graw-Hill Book Comp. New York, vol. I, 1950.

riais, mas ainda de terem de traduzir o facto das deformações deixarem de ser reversíveis. Isto é, será necessário introduzir a seguinte condição: se num ponto, como sucede correntemente, há variação do sentido de crescimento da deformação, há modificação na lei que relaciona as tensões com as deformações. Assim, dum modo geral, haverá necessidade de considerar relações entre tensões e extensões do tipo da representada na fig. 1, relações que, aliás, dependerão ainda da variável tempo.

A não linearidade arrasta a impossibilidade de deduzir o efeito de um sistema de solicitações a partir do conhecimento dos efeitos da actuação isolada de cada uma das solicitações, e a irreversibilidade acarreta como consequência que o estado final do sólido depende da ordem de aplicação das solicitações.

Vê-se pois quão difícil é a resolução analítica do problema geral do cálculo das estruturas quando se quiser entrar em linha de conta com as propriedades reais dos materiais [1] submetidos a solicitações quaisquer.

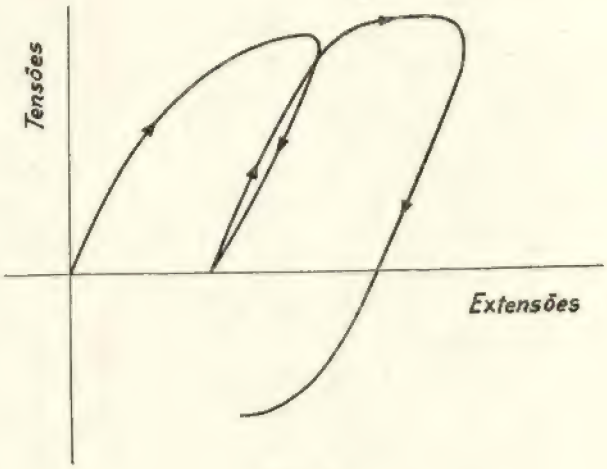


Fig. 1

A dificuldade de estabelecimento de teorias não lineares associada ao grande desenvolvimento tomado pela Teoria da Elasticidade e pela Resistência de Materiais, conduziram a considerar-se, quase exclusivamente, o comportamento das construções sob a acção de solicitações para as quais as deformações desenvolvidas satisfazem razoàvelmente à lei de Hooke.

Deste modo se desenvolveu, e tomou em muitos espíritos posição exclusiva, a actual concepção corrente de segurança em relação a um limite de elasticidade, aparente ou convencional.

Segundo esta concepção as estruturas são dimensionadas de tal modo que, para as chamadas solicitações de serviço, as tensões desenvolvidas não excedem certos limites fixados em função das tensões limites de elasticidade, geralmente certas fracções destas tensões. Tal técnica de dimensionamento conduz frequentemente a estruturas que, apesar de serem análogas quer pelo tipo das solicitações quer pela função que devem desempenhar, se comportam de maneira muito diversa quando se excedem as solicitações de serviço, dando-se em especial a rotura para valores bastante diferentes das solicitações.

4. — Para procurar ter em conta o comportamento das estruturas até à rotura desenvolveu-se o conceito de segurança em relação à rotura segundo o qual as solicitações de serviço de uma estrutura devem ser fixadas em função, geralmente uma fracção, das solicitações que determinam a rotura da estrutura. A aplicação deste conceito tem porém topado com a dificuldade de previsão do comportamento de uma estrutura após a fase elástica, o que muito tem limitado a sua aplicação.

Além disso, se, por um lado, o conceito tradicional de julgamento da segurança a partir das tensões desenvolvidas sob a acção de solicitações de serviço apresenta a grave deficiência de não ter em conta o que se passará quando actuar uma solicitação de intensidade excepcional, por outro lado, o conceito de segurança em relação à rotura

---

[1] L'Hermite, R., «Matière, construction et résistance», Ann. de L'Inst. Techniq ue du Bat. et des Trav Publics, n.º 92, Set., 1949.

perde completamente o significado quando se trata de solicitações, como o peso próprio e outras, cujo valor não possa, necessàriamente, exceder dados valores.

A nítida deficiência dos conceitos de segurança actualmente adoptados levou, nos últimos anos, a uma ampla revisão da noção de segurança das estruturas que se manifesta hoje por uma tendência para considerar a segurança do ponto de vista probabilístico [1] [2] [3].

Segundo esta concepção as construções devem ser dimensionadas tendo em conta todas as intensidades das solicitações, mesmo as pouco prováveis, e as respectivas probabilidades de ocorrência, devendo, além disso, considerar-se a probabilidade de dispersão das propriedades dos materiais. Como é óbvio, para as solicitações pouco prováveis tem de se admitir que a estrutura sofra deformações não elásticas e até mesmo roturas, as quais poderão ser importantes para as solicitações de actuação muito pouco provável.

Dentro da concepção probabilística as dimensões a atribuir a uma estrutura devem ser aquelas para as quais seja mínima a soma do custo inicial da construção com o custo da conservação, incluindo neste último os encargos provenientes de reparações que seja necessário fazer em consequência da actuação de solicitações de grande intensidade, e ainda os resultantes de quaisquer outros prejuízos, como deformações inconvenientes, acidentes pessoais, etc.

A concepção probabilística de segurança está ainda longe da fase de aplicação prática, mas, mesmo no seu estado actual, constitui já um guia qualitativo de grande valor para o projectista.

Conclui-se, portanto, que para dimensionar as estruturas, quer segundo o conceito de segurança em relação à rotura quer segundo o conceito probabilístico, há necessidade de conhecer o comportamento das estruturas além da fase elástica, em especial, quanto ao conceito probabilístico, os estados finais após ter cessado a actuação das solicitações que provocam grandes deformações e roturas. Mesmo procedendo ao dimensionamento pelo conceito tradicional, tem interesse geral conhecer o que acontecerá a uma estrutura quando se ultrapassam as solicitações de serviço de modo a colher informações sobre, digamos, a sua sensibilidade a solicitações inesperadas.

5. — Foram referidas as dificuldades da determinação analítica do comportamento das estruturas quando submetidas a dadas solicitações, tendo-se suposto que os materiais utilizados tinham propriedades determinadas.

Mas, dum modo geral, as propriedades dos materiais variam de ponto para ponto sendo muitas vezes importante averiguar a repercussão de tais variações. Assim, por exemplo, no caso de uma barragem interessa averiguar a influência das possíveis variações das propriedades mecânicas das fundações, e no caso de numa abóbada de betão as consequências de algumas amassaduras poderem ter propriedades acentuadamente diversas das do restante betão.

Dum modo geral os métodos analíticos são incapazes de ter em conta essas flutuações das propriedades dos materiais.

6. — Em resumo, a insuficiência dos métodos analíticos de cálculo, a qual temos vindo a pôr em evidência, resulta de:

— esses métodos serem, salvo algumas excepções, estabelecidos para a hipótese das deformações satisfazerem à lei de Hooke;

— frequentemente não serem aplicáveis às formas das estruturas sem o estabelecimento de grosseiras hipóteses de cálculo;

---

(1) Freudenthal, A. M., «The safety of structures», Proc. Amer. Soc., Civ. Eng., vol. 71, n.º 8, 1945.

(2) Levi, R., «Calculs probabilistiques de la sécurité des constructions», Ann. Ponts. Chaus., n.º 26, 1949,

(3) Balaca, A. P., Torroja, E., «La determinacion del coeficiente de seguridad en las distintas obras», Madrid, Instituto Tecnico de la Construcion y del Cemento, 1951.

— não poderem por via de regra ter em conta as variações de ponto para ponto das propriedades dos materiais.

Deve frizar-se que esta insuficiência dos métodos analíticos de cálculo se tem vindo a acentuar com o progresso geral da técnica e com a crescente preocupação de economia.

Tal situação está obrigando, com frequência crescente, a dimensionar as estruturas a partir da determinação experimental de deslocamentos, extensões e tensões, quer sobre reproduções iguais às próprias estruturas quer sobre modelos.

No caso de estruturas pouco dispendiosas ou de estruturas, tais como torres para linhas de alta tensão, pavimentos pré-fabricados, etc., que serão executadas em grande número, aquelas determinações e dum modo geral a averiguação do comportamento sob a acção das solicitações, faz-se por vezes sobre reproduções iguais à estrutura a estudar, o que é tanto mais vantajoso quanto mais complexo for o seu comportamento. Deve contudo frizar-se que para reproduções das próprias estruturas é em geral difícil, por vezes mesmo impossível, realizar as solicitações, dada a sua grandeza, e, além disso, é também difícil efectuar as medições com a aproximação necessária.

Na engenharia civil tal procedimento não é por via de regra possível quer por razão de economia, relativa à execução da reprodução da estrutura e à sua observação, quer pelo tempo necessário para executar a reprodução e realizar as medições.

Mas, como vamos expôr nos parágrafos seguintes, é em geral possível fazer a determinação de deslocamentos, de extensões e de tensões sobre modelos, quer em fase elástica quer ultrapassada esta fase, sem que tal afecte a precisão dos resultados.

Os modelos também permitem averiguar a influência das flutuações das propriedades dos materiais sobre o comportamento das estruturas, levantando-se contudo por vezes certas dificuldades práticas.

Há casos que exigem a observação de reproduções fiéis da estrutura. Tal acontece, por exemplo, no dimensionamento de estruturas sujeitas a solicitações complexas, tais como máquinas e viaturas submetidas a vibrações de características desconhecidas ou difíceis de reproduzir em modelos, ou ainda de estruturas, como as soldadas, com tensões iniciais resultantes duma técnica de construção cujos efeitos dependem essencialmente da escala.

Não queremos ainda deixar de referir que por vezes o dimensionamento se faz por tentativas, o que é frequente na construção de máquinas, alterando-se as formas e as dimensões de harmonia com as observações feitas sobre peças em serviço que se vão inutilizando.

Para a determinação experimental dos deslocamentos, extensões e tensões recorre-se por vezes à analogia entre as equações diferenciais que regem os fenómenos de deformação dos sólidos e as equações de outros fenómenos [1] [2].

Capítulo II

SEMELHANÇA MECÂNICA

7. — Um modelo de uma estrutura, a qual passamos a designar por protótipo, é uma reprodução, geralmente a uma escala menor do que a unidade, constituída pelos mesmos materiais ou por materiais diferentes dos da estrutura, com características tais que do seu comportamento se pode deduzir o do protótipo. Essa reprodução pode, como veremos adiante, não ser geomètricamente semelhante ao protótipo.

---

(1) Raud, J., «Quelques méthodes d'étude sur modèles réduits en Résistance des Matériaux», Ann. de l'Inst. Tech. du Bat. et des Trav. Publ., n.º 67, 1949.

(2) Mindlin, R., Salvadori, M., «Analogies», Handbook of experimental stress analysis, chap. 16, pg. 700 a 827, John Wiley and Sons, 1950.

Num modelo destinado ao dimensionamento de uma estrutura procura-se que, sob a acção de solicitações análogas às actuantes no protótipo, se desenvolvam deslocamentos, extensões e tensões proporcionais aos desenvolvidos em pontos homólogos do protótipo. Contudo pode verificar-se proporcionalidade sòmente entre certas destas grandezas, tal acontece, por exemplo, como veremos, nos modelos de estruturas constituídas por peças lineares com secções não geomètricamente semelhantes às do protótipo, nos quais só os deslocamentos e as deformações da fibra média e as forças actuantes em secções homólogas são proporcionais.

Vamos estabelecer a seguir as relações de semelhança mecânica que deverão existir entre as formas, as propriedades dos materiais e as solicitações do modelo e do protótipo, para que seja possível relacionar os seus comportamentos. Claro que a aproximação com a qual devem ser satisfeitas as relações a que chegaremos depende da precisão desejada para os resultados, havendo necessidade de julgar separadamente cada caso.

A. — Modelos constituídos pelos mesmos materiais dos protótipos: materiais com leis de deformação quaisquer

8. — Consideremos um protótipo constituído por materiais quaisquer, homogéneos ou heterogéneos, isótropos ou anisótropos, os quais, para as solicitações actuantes, não obedecem à lei de Hooke. Com estes mesmos materiais, ligados do mesmo modo, construamos um modelo à escala $\frac{1}{\lambda}$ (fig. 2).

Estão, portanto, abrangidos os protótipos de betão armado, qualquer que seja o seu estado de deformação, os protótipos nos quais é necessário considerar o conjunto formado pela estrutura e pelas suas fundações, etc.

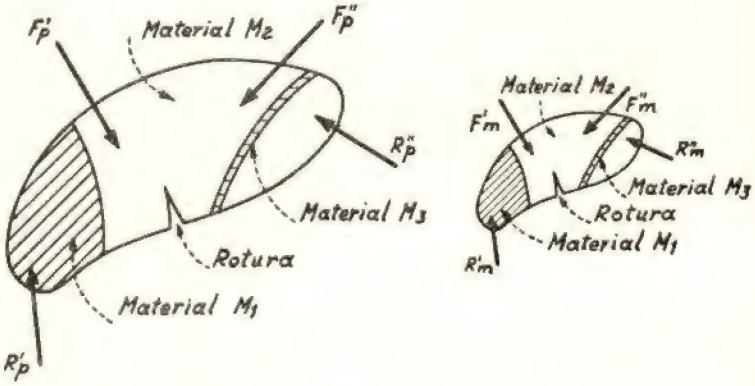


Fig. 2

Vamos estabelecer as relações que devem existir entre as solicitações do modelo e as do protótipo de maneira a haver proporcionalidade entre os deslocamentos de pontos homólogos, as extensões de segmentos homólogos e as tensões actuantes em facetas homólogas.

a) *Protótipo em equilíbrio estático sob a acção de forças de superfície*

9. — Consideremos o protótipo, apoiado de qualquer modo, submetido num dado instante à acção de forças de superfície F'_p, F''_p, ..., às quais correspondem reacções dos apoios, R'_p, R''_p, ... (fig. 2).

As forças de superfície são designadas genèricamente por F_p e as reacções por R_p; no caso das forças F_p serem distribuídas designa-se por f_p a tensão actuante num elemento da superfície do protótipo e, anàlogamente, para as reacções distribuídas designa-se por r_p a tensão num elemento de superfície.

Deve notar-se que, por não terem sido impostas restrições quanto à natureza dos materiais, é necessário considerar a maneira como o sistema das forças aplicadas evolui no

tempo, pois o estado final do sólido não depende sòmente dos valores finais das forças aplicadas. Mesmo quando as forças se mantêm constantes a partir de um dado instante, os deslocamentos, as extensões e as tensões continuarão em geral a evoluir.

Admitamos que as forças aplicadas variam lentamente a partir de zero, no instante inicial, de modo a serem desprezíveis as forças de inércia, isto é, que em cada instante as forças aplicadas a uma parte qualquer do sólido estão em equilíbrio.

Vamos mostrar que, para haver proporcionalidade entre os deslocamentos, as extensões e as tensões de elementos homólogos, é necessário e suficiente que o modelo (fig. 2), seja apoiado sobre apoios homólogos do mesmo tipo e submetido a forças de superfície homólogas F'_m, F''_m, ..., designadas genèricamente por F_m, cujas grandezas satisfaçam, em cada instante, a $F_m = \frac{1}{\lambda^2} F_p$, isto é, estejam à escala $\frac{1}{\lambda^2}$. Designando por f_m as tensões homólogas aplicadas na superfície do modelo esta condição pode escrever-se $f_m = f_p$.

Para chegarmos a esta conclusão comecemos por supor que se impõe a cada ponto do modelo um deslocamento (vector) $\delta_m = \frac{1}{\lambda} \delta_p$, designando por δ_p o deslocamento do ponto homólogo do protótipo [1]. Daqui resulta que, em cada instante, o modelo toma uma configuração geomètricamente semelhante à do protótipo; aos apoios fixos do protótipo (articulações ou encastramentos) terão pois de corresponder no modelo apoios fixos do mesmo tipo e aos apoios com deslocamento apoios cujo deslocamento esteja à escala $\frac{1}{\lambda}$.

De $\delta_m = \frac{1}{\lambda} \delta_p$ resulta que as extensões, ε_p e ε_m, de dois segmentos homólogos serão iguais, $\varepsilon_m = \varepsilon_p$, mesmo que se trate de grandes deformações. O estado de deformação de dois paralelipípedos elementares homólogos manter-se-á pois o mesmo no decorrer do tempo.

Admitindo que à mesma evolução dos estados de deformação de dois paralelipípedos elementares homólogos correspondem, em cada instante, estados de tensão iguais, hipótese que será discutida adiante no artigo 12, conclui-se que as tensões, t_p e t_m, em duas facetas homólogas quaisquer são iguais, $t_m = t_p$.

As tensões t_m devem satisfazer à condição de manter em equilíbrio qualquer volume do modelo pois que, por hipótese, os deslocamentos δ_p, e portanto δ_m, evoluem lentamente no tempo. Ora, como um volume qualquer do protótipo se mantém, por hipótese, em equilíbrio sob a acção das tensões t_p, o volume homólogo do modelo estará em equilíbrio sob a acção das tensões $t_m = t_p$, mesmo para grandes deformações, pois os volumes permanecem em todos os instantes geomètricamente semelhantes. Conclui-se, pois, que as tensões $t_m = t_p$ mantêm só por si em equilíbrio qualquer volume do modelo quando a este são impostos, como supusemos, deslocamentos $\delta_m = \frac{1}{\lambda} \delta_p$.

As tensões t_m terão ainda de satisfazer às condições aos limites as quais impõem, visto $t_m = t_p$, que ao modelo sejam aplicadas na sua superfície, em cada instante, tensões $f_m = f_p$ ou forças $F_m = \frac{1}{\lambda^2} F_p$, e que as correspondentes reacções dos apoios, distribuídas, r_m, ou concentradas, R_m, tenham valores $r_m = r_p$ ou $R_m = \frac{1}{\lambda^2} R_p$, quando os apoios sofrem deslocamentos $\delta_m = \frac{1}{\lambda} \delta_p$. Aos apoios fixos (articulações ou encastramentos) do protótipo terão portanto de corresponder no modelo apoios fixos do mesmo

---

[1] Como é óbvio, os deslocamentos referem-se a sistemas de referência em relação aos quais o protótipo e o modelo ocupam no instante inicial posições homólogas.

tipo, e aos apoios com assentamento apoios com deformabilidade tal que, sob a acção de solicitações $r_m = r_p$ ou $R_m = \frac{1}{\lambda^2} R_p$, sofram deslocamentos $\frac{1}{\lambda}$ dos deslocamentos sofridos pelos apoios do protótipo quando submetidos às solicitações r_p ou R_p.

Se o protótipo apresentar roturas nalgumas regiões, para subsistirem as conclusões a que acabamos de chegar é necessário admitir ainda que em paralelipípedos homólogos a rotura se dá para os mesmos estados de tensão, sofrendo então o modelo roturas geomètricamente semelhantes às do protótipo.

No caso de se observarem fenómenos de instabilidade, isto é, súbitos aumentos dos deslocamentos, é evidente que subsistem os resultados a que se chegou, estando as cargas críticas homólogas à escala $\frac{1}{\lambda^2}$.

Conclui-se pois que se o modelo estiver apoiado de maneira análoga à do protótipo e submetido a solicitações actuantes na superfície satisfazendo a

$$f_m = f_p \quad \text{ou} \quad F_m = \frac{1}{\lambda^2} F_p , \tag{1}$$

os deslocamentos, as extensões e as tensões desenvolvidas satisfazem a

$$\begin{aligned} \delta_m &= \frac{1}{\lambda} \delta_p \\ \varepsilon_m &= \varepsilon_p \\ t_m &= t_p \end{aligned} \tag{2}$$

e as reacções dos apoios a

$$r_m = r_p \quad \text{ou} \quad R_m = \frac{1}{\lambda^2} R_p ,$$

qualquer que seja a natureza dos materiais, a grandeza das deformações e o caracter estável ou instável do equilíbrio.

Deve contudo frizar-se que esta conclusão só é legítima quando os estados iniciais de tensão e de deformação do modelo, incluídas roturas, forem os mesmos do protótipo. Tal não deve ser perdido de vista no caso de estruturas de betão armado e de estruturas soldadas.

É fácil demonstrar que, mesmo no caso de pequenos deslocamentos, não é em geral possível haver proporcionalidade entre os deslocamentos, as extensões e as tensões com outros coeficientes de proporcionalidade que não sejam os das expressões (2), nem mesmo haver proporcionalidade sòmente entre algumas daquelas grandezas. Assim, se se admitir que os deslocamentos satisfazem a $\delta_m = \frac{1}{K} \delta_p$, com $K \gtrless \lambda$, as extensões homólogas ainda seriam proporcionais no caso de pequenos deslocamentos, mas as tensões correspondentes a estas extensões já não seriam proporcionais, a não ser que se tratasse de deformações satisfazendo à lei de Hooke, não mantendo portanto em equilíbrio qualquer volume do modelo; no caso de grandes deslocamentos nem mesmo as extensões seriam proporcionais [1]. Admitindo que as extensões são proporcionais, mas não iguais, conclui-se, anàlogamente, que as tensões não satisfariam à condição de equilíbrio, isto no caso de pequenas extensões, pois que se estas fossem grandes nem mesmo era geomètricamente possível uma deformação com extensões proporcionais às desenvolvidas no protótipo. Finalmente, se as tensões fossem proporcionais, mas não iguais, as deformações dos para-

[1] Love, «A treatise on the mathematical theory of elasticity», 4th ed., 1944, Dover Publications, New York, pg. 59.

lelipípedos elementares do modelo não satisfariam à condição de compatibilidade das deformações.

Em resumo, ou se verificam as relações (2) ou não haverá proporcionalidade entre quaisquer das grandezas.

Do exposto conclui-se que se, por exemplo, desejarmos prever os deslocamentos, as extensões e as tensões numa abóbada de betão armado quando submetida à acção do vento ou de outras forças de superfície, pode recorrer-se a um modelo geomètricamente semelhante, incluídos os diâmetros das armaduras, e constituído pelos mesmos materiais, sobre o qual se medem as grandezas homólogas; os resultados fornecidos pelo modelo são válidos mesmo no caso de se observarem fenómenos de instabilidade. Adiante, no artigo 36, são referidas as dificuldades que por vezes surgem na utilização dos mesmos materiais dos protótipos na construção dos modelos.

Neste exemplo, para intensidades do vento que determinem deformações importantes e mesmo fendas haverá necessidade de aplicar as correspondentes solicitações ao modelo depois deste estar submetido à acção do peso próprio, devendo notar-se que o modelo permite prever o estado (deformações permanentes, fendas, etc.) em que ficará o protótipo uma vez passada a actuação do vento.

b) *Protótipo em equilíbrio dinâmico sob a acção de forças de superfície e de forças mássicas*

10. — Consideremos agora o caso geral do protótipo estar submetido à acção de forças de superfície e de forças mássicas, em especial do peso próprio, as quais determinam um equilíbrio dinâmico.

Suponhamos, como anteriormente, que se impõe ao modelo deslocamentos $\delta_m = \frac{1}{\lambda}\delta_p$, o que implica a admitir que, em cada instante, o modelo é geomètricamente semelhante ao protótipo e que os seus pontos têm velocidades e acelerações à escala $\frac{1}{\lambda}$. De $\delta_m = \frac{1}{\lambda}\delta_p$, resulta que as tensões desenvolvidas no modelo seriam iguais, $t_m = t_p$, desde que, além das condições aos limites, se verificasse para qualquer elemento de volume do modelo a equação fundamental da dinâmica.

Ora, se for $t_m = t_p$, as forças homólogas actuantes na superfície de elementos de volume homólogos estão na razão $\frac{1}{\lambda^2}$, enquanto que as forças mássicas estão na razão $\frac{1}{\lambda^3}$ e as de inércia na razão $\frac{1}{\lambda^4}$. Como a equação fundamental da dinâmica se verifica para um elemento de volume do protótipo, resulta que ela não é satisfeita para o elemento de volume homólogo do modelo.

Tal como na alínea anterior, deduzia-se que não é também possível a proporcionalidade com coeficientes diferentes dos das expressões (2). Conclui-se pois que no caso que se está tratando não há semelhança.

No caso particular de protótipos em equilíbrio estático sob a acção do peso próprio, o seu comportamento pode ser estudado sobre modelo desde que se recorra a artifícios cujo efeito seja converter a relação das forças mássicas homólogas em $\frac{1}{\lambda^2}$, isto é, artifícios equivalentes a multiplicar por λ os pesos específicos dos materiais do modelo. Para isso podem aplicar-se ao modelo forças complementares ou submetê-lo a uma rotação que origine um campo de forças centrífugas de intensidade λ vezes maior do que a intensidade da gravidade.

Então subsistem as expressões (2), desde que o modelo seja apoiado anàlogamente ao protótipo.

Os artifícios referidos exigem contudo, a maior parte das vezes, montagens bastante complexas.

c) *Protótipo submetido a variações de volume*

11. — Suponhamos, finalmente, o protótipo submetido a solicitações que provocam variações de volume uniformes ou não, tais como variações de temperatura e de humidade.

Admitindo que dois elementos de volume homólogos submetidos às mesmas variações de temperatura ou humidade e, simultâneamente, aos mesmos estados de tensão, sofrem as mesmas deformações, conclui-se, tal como no artigo 9, que subsistem as relações (2), qualquer que seja a grandeza das deformações, quando o modelo seja submetido a variações de temperatura ou de humidade iguais às que se dão nos pontos homólogos do protótipo e esteja apoiado de maneira análoga à do protótipo. Quando há ainda a considerar a acção de solicitações de superfície tem também de se verificar as relações (1).

Assim, no caso de se desejar estudar sobre modelo o estado de tensão de uma massa de betão provocado pela dissipação de calor de hidratação do cimento, terá de se garantir a igualdade de temperatura em pontos homólogos, o que exigirá a conveniente disposição de fontes de calor no interior do modelo; além disso, supondo que a massa de betão se mantém saturada, será necessário proteger o modelo contra as trocas de humidade.

d) *Objecções e conclusão*

12. — Nas alíneas anteriores admitiu-se que, se os elementos de volume de um modelo estão submetidos ao mesmo estado de tensão (em geral variável no tempo) dos elementos homólogos do protótipo, o estado de deformação é também o mesmo em elementos homólogos, mesmo para deformações na vizinhança da rotura.

Ora, sendo o estado de tensão do modelo o mesmo do protótipo, dois pontos homólogos encontram-se mergulhados em meios com estados de tensão análogos mas nos quais o gradiente, numa direcção qualquer, das tensões homólogas toma no modelo valores λ vezes maiores. Portanto as conclusões das alíneas anteriores foram tiradas admitindo que a relação entre o estado de tensão e de deformação de um elemento de volume não depende do gradiente de tensões que reina em torno desse elemento.

No caso dos sólidos em deformação elástica a Teoria da Elasticidade admite mesmo a hipótese, que tem sido amplamente verificada, de que a relação entre o estado de tensão e de deformação de um elemento de volume não depende do estado de tensão em torno desse elemento.

Porém, quando se sai do campo elástico é concebível, sobretudo quando se trata de materiais como os metais dúcteis cujas deformações não elásticas são devidas a escorregamentos, que aquela relação dependa do estado de tensão (e portanto do estado de deformação) que reine em torno do elemento de volume, que varie mesmo quando só varia o gradiente do estado de tensão.

A averiguação da influência do gradiente de tensões, influência que é costume designar por efeito de escala, tem conduzido com frequência a resultados contraditórios, o que deve ser atribuído na maior parte dos casos ao facto de não serem tomadas as precauções necessárias para garantir a uniformidade de propriedades do material das peças a comparar.

Têm sido os aços os materiais com os quais mais se tem estudado a eventual existência de um efeito de escala, quer em equilíbrios estáticos de peças em tracção [1] e em

---

[1] Nadai, Mac Gergor, «On laws of similitude in material testing», Pr. Am. Soc. Test. Mat., vol. 34, 1934.

flexão [1] [2] quer em equilíbrios dinâmicos de peças em flexão [3]. Enquanto certos resultados parece mostrarem a não existência de um efeito de escala, são mais numerosos os que evidenciam tal efeito.

Em peças de duralumínio, em flexão, também foi observado [4] um acentuado efeito de escala para grandes deformações.

Para a rotura por fadiga experiências recentes [5] mostraram também o efeito escala.

No caso de se tratar de maciços terrosos saturados, dado o conhecido facto da relação entre tensões e deformações, observada por exemplo num ensaio triaxial, depender das possibilidades de drenagem da amostra, é clara a influência no comportamento de um elemento de volume do maciço do estado de deformação que reine em torno do elemento, pois esse estado condiciona a drenagem do elemento.

Deve notar-se que a repercussão da escala nas relações de semelhança só poderá, em geral, ser importante para muito grandes deformações e para valores da escala inferiores a certos limites, os quais dependem do equilíbrio em estudo e da precisão com que ss deseje conhecer os resultados.

Outra objecção a apresentar às conclusões expostas nas alíneas anteriores resulta da consideração da influência do volume sobre a probabilidade de rotura [6]. De facto tem sido observada, para os materiais frágeis [7] e para a rotura frágil de metais dúcteis [8], quando submetidos a tensões de tracção, uma influência muito acentuada do volume da peça sobre o valor da probabilidade de rotura sob a acção de uma dada solicitação. Como consequência resulta que a tensão média de rotura por tracção varia com o volume da peça submetida a ensaio, dando-se uma diminuição dessa tensão quando o volume aumenta.

Portanto, quando se deseje fazer estudos sobre modelos nos quais se produzam roturas por tracção poderá ser necessário ter tal efeito em consideração, tanto mais que existe a possibilidade das conclusões tiradas da observação do modelo não estarem do lado da segurança visto as solicitações médias que determinam a rotura serem maiores nos pequenos volumes. No entanto, como, por via de regra, as estruturas constituídas por materiais frágeis são concebidas de tal modo qne as roturas devidas a tensões de tracção não as ponham em risco, a objecção que acabamos de levantar deve ter, em geral, pequena importância.

Não tem sido observada a existência de uma influência da escala no comportamento de peças que sofrem rotura por compressão.

No caso de ensaios de compressão de cilindros de betão geomètricamente semelhantes [9], com diâmetros desde 2 a 36 polegadas, foi observada uma influência apreciável das dimensões sobre a tensão de rotura para diâmetros inferiores a 18 polegadas (fig. 3),

---

(1) Docherty, «Slow bending tests on large notched bars», Engineering, vol. 139, 1935, pg. 211.

(2) Shearin, Ruark and Trimble, «Size effects in steels and other metals», Report of a Conference on Strength of Solids, The Pysical Society, London, 1948, pg. 158.

(3) Docherty «Bending tests on geometrically similar notched bars», Engineering, vol. 133, 1932, pg. 645.

(4) Vogt, H., «Betragtminger og undersogelser over modelforsog», Saertryk af Bygningsstatiske Meddelelser, Aargang XVIII, Hefte 3, Kobenhavn, 1947.

(5) Ros, M., «La fatigue des métaux», Bericht Nr. 160, Lab. Fédéral d'Essai des Matériaux, Zürich, 1949.

(6) Weibull, W., «A statistical theory of the strength of materials», Ingeniors Vetenskaps Akademien, Handlingar, Nr. 151,, Stockholm, 1939.

Weibull, W., «A statistical representation of fatigue failures in solids», Kungl. Tekniska Högskolans, Handlingar, Nr. 27, Stockholm, 1949.

(7) Frankel, J., «Relative strengths of portland cement mortar in bending under various loading conditions» J. Am. Conc. Inst., vol. 20, n.º 1, Sept., 1948.

(8) Davidenkoo, N., Shevandin, E., Wittmann, F., «The influence of size on the brittle strength of steel», J. Appl. Mech., March, 1947.

(9) «Mass concrete investigations», Boulder Canyon Project, Final Reports, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, U. S. A., 1949.

mas essa influência foi interpretada como uma consequência do efeito parede e da carbonatação superficial. No entanto, apesar dessa influência das dimensões não ser atribuída a um efeito da escala do tipo atrás referido, ela terá de ser considerada na construção de modelos de obras de betão nos quais se pretenda utilizar o mesmo material. Tal influência das dimensões, à qual se virão associar outras, como a proveniente de condições de secagem diversas no protótipo e no modelo, pode aconselhar mesmo a utilizar nos modelos betões diferentes dos dos protótipos. Nos artigos seguintes são estudadas as condições de semelhança quando os modelos não são constituídos pelos mesmos materiais dos protótipos.

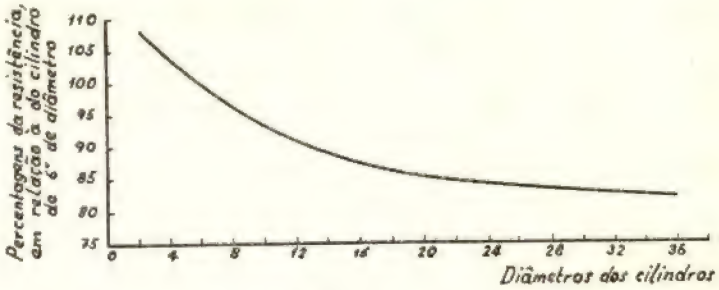


Fig. 3

Dum modo geral para averiguar se num dado caso existe influência da escala e qual a repercussão desta influência, pode proceder-se à observação de dois ou mais modelos a escalas diversas e ao confronto dos valores observados, por intermédio das expressões (2), nas condições (1).

A influência do gradiente de tensões e a influência do volume sobre a probabilidade de rotura merecem um estudo sistemático, que ainda não foi feito, com o fim de averiguar em que medida impõem restrições aos estudos sobre modelos fora da fase das deformações elásticas. Cremos no entanto que, salvo casos especiais, tais influências não limitam as conclusões tiradas nas alíneas anteriores a ponto de terem de ser consideradas nas aplicações.

B. — Modelos constituídos por materiais diferentes dos dos protótipos

13. — Por vezes é conveniente, como se verá no artigo 36, ou mesmo inevitável construir os modelos com materiais diferentes dos dos protótipos. Assim, no caso de obras de betão, além das dificuldades referidas no artigo anterior, a utilização dos mesmos materiais nos modelos não é muitas vezes possível dadas as dimensões dos maiores elementos dos inertes em face das dimensões dos modelos.

Até hoje os modelos constituídos por materiais diferentes dos dos protótipos têm sido usados quase exclusivamente no estudo de equilíbrios nos quais se admite a validade da lei de Hooke.

Supondo que os protótipos são constituídos por materiais com propriedades quaisquer, vamos averiguar nos artigos seguintes quais as condições a que devem satisfazer os modelos para que exista, em pontos homólogos, proporcionalidade entre os deslocamentos, as extensões e as tensões.

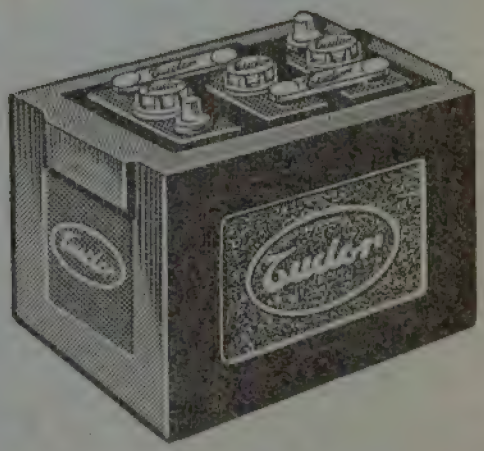
Consideremos um protótipo constituído por um só material com propriedades quaisquer, portanto com relações não lineares entre tensões e extensões. Designemos, genèricamente, por ε_p as 6 extensões sofridas pelas arestas e pelas diagonais de um paralelipípedo do material do protótipo [1] quando o submetemos, nas suas faces, a tensões t_p que se equilibram.

No que vai seguir-se supõe-se que um modelo, geomètricamente semelhante, é constuído por um material tal que, quando se submete um elemento paralelipipédico de volume

(1) Tais extensões definem o estado de deformação do paralelipípedo.

BATERIAS DE ARRANQUE

- MAIOR DURAÇÃO
- TÉCNICA MODERNA
- FAMA MUNDIAL



QUEM UMA VEZ COMPROU

... SÓ QUERE

PARA: AUTOMÓVEIS, CAMIÕES, TRACTORES, BARCOS, ETC.

— EXIJA SEMPRE BATERIAS

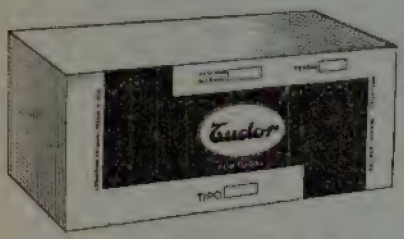
16 ANOS DE FABRICAÇÃO EM PORTUGAL

A MAIOR REDE DE ESTAÇÕES DE SERVIÇO DE TODO O PAÍS

PILHAS SECAS

AS PILHAS ECONÓMICAS PARA:

LANTERNAS — TELEFONES — RÁDIO-RECEPTORES — CAMPAINHAS — APARELHOS DE SURDEZ — APARELHAGEM MEDICINAL, ETC., E PARA TODAS AS APLICAÇÕES

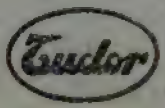


À VENDA EM TODAS AS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE

PILHAS SECAS

16 ANOS DE FABRICAÇÃO EM PORTUGAL

ESTAÇÕES DE SERVIÇO



AV. ALMIRANTE REIS, 68 — TELEF. 51948 — LISBOA

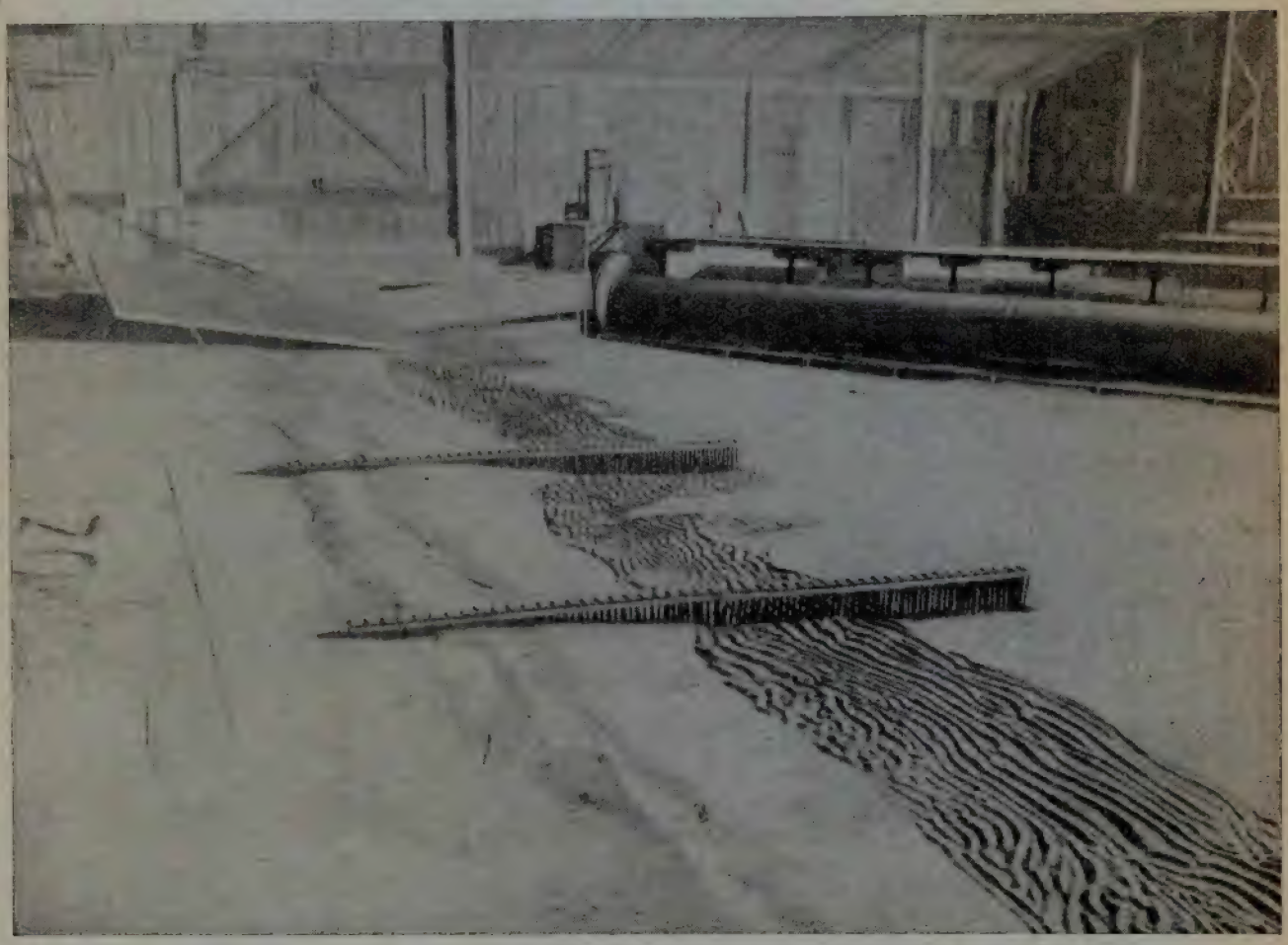
RUA DO ALECRIM, 99 — TELEF. 20823 — LISBOA

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE

GRENOBLE

HIDRÁULICA FLUVIAL E MARÍTIMA — QUEDAS DE ÁGUA

Determinação económica das obras — Desassoreamentos
Aproveitamento dos rios — Eclusas
Utilização da energia das marés
Estudos de portos, de ancoradouros — Docas secas
Protecção do litoral — Estabilidade das praias.



Salinas de Giraud
Modelo reduzido para o estudo da defesa da costa contra o mar

EM PORTUGAL:

LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
NA AMADORA

"NEYRPIC"

R. Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho
AMADORA Telef. VENDA NOVA 48

desse material a tensões homólogas $t_m = \frac{t_p}{\alpha}$, as extensões homólogas sofridas pelas arestas e diagonais das faces do paralelipípedo são $\varepsilon_m = \frac{\varepsilon_p}{\beta}$, designando por α e β constantes. Supõe-se ainda que se o estado de tensão t_p é atingido num instante θ_p, contado a partir de uma origem qualquer, o estado de tensão $t_m = \frac{t_p}{\alpha}$ pode ser atingido num instante $\theta_m = \frac{\theta_p}{\tau}$, isto é, admite-se a existência de uma escala dos tempos, $\frac{1}{\tau}$; no caso do material do protótipo e, portanto, também o do modelo, não apresentar fluência, têm as tensões t_m sòmente que passar, conjuntamente, pelos valores $\frac{t_p}{\alpha}$.

A condição enunciada para o material do modelo implica que o seu diagrama de solicitação uniaxial (tracção-compressão), σ, em função das extensões, ε, se obtenha do

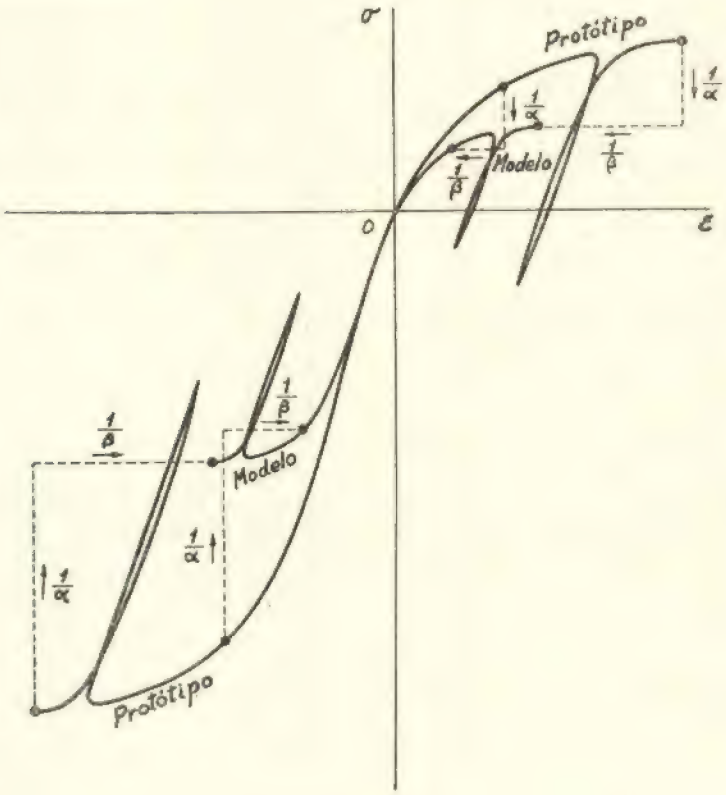


Fig. 4

diagrama do protótipo multiplicando as ordenadas e as abcissas deste, respectivamente, por $\frac{1}{\alpha}$ e $\frac{1}{\beta}$ (fig. 4), isto é, por uma mudança das escalas dos eixos. Quando houver a ter em conta a fluência dos materiais, esta relação entre os diagramas deve verificar-se qualquer que seja a maneira como a solicitação aplicada ao material do protótipo evolui no tempo, sendo em geral a solicitação do material do modelo aplicada a uma certa escala dos tempos.

No caso da solicitação uniaxial terá ainda de se verificar a mesma relação para os diagramas das deformações transversais, donde resulta que se existir para o material do protótipo um coeficiente de Poisson, ν_p, ele terá também de existir para o do modelo e ter o mesmo valor, $\nu_m = \nu_p$.

Os módulos de elasticidade $E_p = \frac{d\sigma_p}{d\varepsilon_p}$ e $E_m = \frac{d\sigma_m}{d\varepsilon_m}$, em pontos homólogos de diagramas correspondentes, satisfarão a

$$E_m = \frac{\beta}{\alpha} E_p$$

As relações entre os diagramas do modelo e do protótipo que acabamos de referir não são suficientes para se verificar a condição enunciada de início a qual se refere a uma solicitação qualquer. No entanto bastará muitas vezes a sua verificação para se poder admitir, com suficiente aproximação, que o material do modelo satisfaz à condição geral. Deve além disso notar-se que, no caso de não se impor que a referida relação se verifique até à rotura, basta que os diagramas tenham andamentos análogos para ser possível determinar factores $\frac{1}{\alpha}$ e $\frac{1}{\beta}$ que levam, com aproximação razoável, o diagrama do material do modelo a coincidir com o do protótipo.

No caso do protótipo ser constituído por mais de um material, então supõe-se no que se segue que o modelo é constituído por materiais tais que, para todos eles, $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$ e $\frac{1}{\tau}$ têm os mesmos valores.

a) *Protótipo em equilíbrio estático sob a acção de forças de superfície*

14. — Consideremos um protótipo constituído por materiais quaisquer em equilíbrio estático sob a acção de forças aplicadas na sua superfície e das consequentes reacções de apoios.

Vamos mostrar que, num modelo constituído por materiais satisfazendo à condição enunciada no artigo anterior e apoiado de maneira análoga à do protótipo, os deslocamentos, as extensões e as tensões satisfazem em instantes homólogos a

$$\begin{aligned} \delta_m &= \frac{1}{\lambda\beta}\,\delta_p \\ \varepsilon_m &= \frac{1}{\beta}\,\varepsilon_p \\ t_m &= \frac{1}{\alpha}\,t_p \end{aligned} \tag{3}$$

desde que, supostos os deslocamentos pequenos, o modelo seja submetido em instantes homólogos a solicitações homólogas

$$f_m = \frac{1}{\alpha} f_p \quad \text{ou} \quad F_m = \frac{1}{\lambda^2\alpha} F_p \tag{4}$$

Para demonstrarmos esta propriedade seguimos um caminho análogo ao percorrido no artigo 9.

Assim, comecemos por impor ao modelo, em instantes homólogos $\theta_m = \frac{1}{\tau}\theta_p$, deslocamentos $\delta_m = \frac{1}{\lambda\beta}\delta_p$, o que implica, quanto aos apoios, que a apoios fixos do protótipo correspondam apoios fixos do mesmo tipo no modelo e que a apoios com deslocamento correspondam apoios sofrendo deslocamentos à escala $\frac{1}{\lambda\beta}$.

Da hipótese $\delta_m = \frac{1}{\lambda\beta}\delta_p$ resulta, no caso de pequenos deslocamentos, que as extensões de segmentos homólogos satisfazem a $\varepsilon_m = \frac{1}{\beta}\varepsilon_p$.

Portanto, admitindo que os materiais do modelo têm leis de deformação satisfazendo à condição enunciada no artigo anterior, conclui-se que $t_m = \frac{1}{\alpha}t_p$.

As tensões t_m terão de satisfazer à condição de manter em equilíbrio um volume qualquer do modelo e de equilibrar ainda as solicitações aplicadas e as reacções dos apoios.

A primeira condição verifica-se desde que as deformações sejam pequenas, e a segunda impõe que ao modelo sejam aplicadas, em instantes homólogos, tensões $f_m = \frac{1}{\alpha}f_p$ ou forças $F_m = \frac{1}{\lambda^2\alpha}F_p$, e que as reacções desenvolvidas nos apoios satisfaçam a $r_m = \frac{1}{\alpha}r_p$ ou $R_m = \frac{1}{\lambda^2\alpha}R_p$. Estas são, necessàriamente, as reacções desenvolvidas desde que aos apoios fixos do protótipo se façam corresponder no modelo apoios fixos do mesmo tipo e aos apoios com deslocamento se façam corresponder apoios tais que, sob a acção de solicitações $r_m = \frac{1}{\alpha}r_p$ ou $R_m = \frac{1}{\lambda^2\alpha}R_p$, sofram deslocamentos $\frac{1}{\lambda\beta}$ dos sofridos pelos apoios homólogos do protótipo quando sujeitos a r_p ou R_p.

Conclui-se pois a propriedade de semelhança que se enunciou.

Se se desejar estudar o comportamento do protótipo mesmo após o aparecimento de roturas, deverão os materiais do modelo satisfazer à condição enunciada no artigo anterior mesmo para as tensões que provocam a rotura de um paralelipípedo; será portanto necessário que nos diagramas da fig. 4 as tensões de rotura, quer em tracção quer em compressão, estejam na relação $\frac{1}{\alpha}$ e que a elas correspondam deformações na relação $\frac{1}{\beta}$.

Deve notar-se que na hipótese de ser $\frac{1}{\beta} = 1$, isto é, do material do modelo apresentar as mesmas extensões do material do protótipo para solicitações $t_m = \frac{1}{\alpha}t_p$, as relações (3) subsistem mesmo para grandes deslocamentos. Podem então estudar-se sobre modelo equilíbrios nos quais se observem fenómenos de instabilidade, sendo $\frac{1}{\lambda^2\alpha}$ a escala das cargas críticas.

Tal como no artigo 9, é fácil concluir que em geral ou se verificam simultâneamente as relações (3) ou não existe proporcionalidade entre qualquer das grandezas.

Claro que subsistem as objecções apresentadas no artigo 12 relativas à influência, na relação entre tensões e deformações de um elemento de volume, do estado de deformação da vizinhança, e à influência do volume na probabilidade de rotura.

Do exposto conclui-se que, por exemplo, no caso de estruturas de betão este material pode ser substituído nos modelos por uma argamassa cujo diagrama de solicitação

uniaxial se possa converter no do betão do protótipo por uma mudança de escalas. Convirá escolher a argamassa de modo que $\frac{1}{\alpha}$ seja pequeno e $\frac{1}{\beta}$ grande com o fim de obter, para pequenos valores das solicitações, deformações que se possam medir com precisão; se se tratar de betão armado, tal obriga a substituir no modelo o aço por um material também mais deformável para o qual $\frac{1}{\alpha}$ e $\frac{1}{\beta}$ devem ter os mesmos valores.

Quanto à escolha de materiais para modelos não é viável proceder à verificação sistemática da condição enunciada no artigo anterior. Além da sua verificação para a solicitação uniaxial pode proceder-se ao ensaio de peças geomètricamente semelhantes, constituídas pelos materiais do protótipo e pelo material em estudo, que se submetem a solicitações satisfazendo a (4) com o fim de constatar se as relações (3) são verificadas. Convém, como é óbvio, que a forma das peças e as solicitações sejam escolhidas de modo a obter equilíbrios análogos aos que se deseja estudar.

Assim, no caso de se pretender estudar estruturas de betão armado constituídas por peças lineares, obter-se-ão indicações seguras sobre a semelhança a partir de ensaios de flexão de vigas os quais poderão mesmo permitir a determinação de $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$ e $\frac{1}{\tau}$.

b) *Protótipo em equilíbrio dinâmico sob a acção de forças de superfície e mássicas*

15. — Consideremos o caso geral de um protótipo em equilíbrio dinâmico sob a acção de forças de superfície e de forças mássicas.

Comecemos ainda por impor ao modelo, em instantes homólogos $\theta_m = \frac{1}{\tau}\theta_p$, deslocamentos $\delta_m = \frac{1}{\lambda\beta}\delta_p$. Daqui resulta que as velocidades, $\frac{d\delta_p}{d\theta_p}$ e $\frac{d\delta_m}{d\theta_m}$, e as acelerações, $\frac{d^2\delta_p}{d\theta_p^2}$ e $\frac{d^2\delta_m}{d\theta_m^2}$, de elementos de volume homólogos estão relacionadas por

$$\frac{d\delta_m}{d\theta_m} = \frac{\tau}{\lambda\beta}\,\frac{d\delta_p}{d\theta_p} \qquad \frac{d^2\delta_m}{d\theta_m^2} = \frac{\tau^2}{\lambda\beta}\,\frac{d^2\delta_p}{d\theta_p^2}$$

isto é, as velocidades estão à escala $\frac{\tau}{\lambda\beta}$ e as acelerações à escala $\frac{\tau^2}{\lambda\beta}$.

Na hipótese de ser $\delta_m = \frac{1}{\lambda\beta}\delta_p$, e admitindo que os deslocamentos são pequenos, vem, tal como no artigo anterior, $t_m = \frac{1}{\alpha}t_p$.

A satisfação das condições aos limites impõe portanto que as forças aplicadas à superfície do modelo sejam, em instantes homólogos,

$$f_m = \frac{1}{\alpha}f_p \quad \text{ou} \quad F_m = \frac{1}{\lambda^2\alpha}F_p$$

e que as reacções correspondentes sejam

$$r_m = \frac{1}{\alpha}r_p \quad \text{ou} \quad R_m = \frac{1}{\lambda^2\alpha}R_p$$

condição esta que é satisfeita se os apoios forem do mesmo tipo dos homólogos do protótipo, tal como foi referido no artigo anterior.

Vejamos quais as condições a verificar para que seja satisfeita no modelo a equação fundamental da dinâmica.

Sendo esta equação satisfeita para um dado elemento de volume do protótipo, para que ela também seja satisfeita para o elemento de volume homólogo do modelo é necessário que as forças mássicas e de inércia estejam à escala $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$, pois é este o valor da escala das forças actuantes em elementos homólogos da superfície desses volumes.

Designando por d_m e d_p as massas específicas dos materiais do modelo e do protótipo, e supondo que a única força mássica a considerar é o peso, a escala das forças mássicas é $\frac{d_m}{d_p \cdot \lambda^3}$ e das forças da inércia é $\frac{d_m}{d_p \cdot \lambda^3} \cdot \frac{\tau^2}{\lambda \beta} = \frac{d_m \tau^2}{d_p \beta \lambda^4}$. Portanto terá de ser

$$\frac{d_m}{d_p \cdot \lambda^3} = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} \quad \text{e} \quad \frac{d_m \tau^2}{d_p \beta \lambda^4} = \frac{1}{\lambda^2 \alpha}$$

donde, designando por $\frac{1}{\rho}$ a escala das massas específicas,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\lambda}{\alpha} \tag{5}$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\alpha}{\beta}} \tag{6}$$

Conclui-se portanto que se o modelo, constituído por materiais satisfazendo à condição referida no artigo 13 e apoiado de maneira análoga à do protótipo, partir de uma configuração inicial na qual os deslocamentos estejam à escala $\frac{1}{\lambda \beta}$ e as velocidades à escala $\frac{\tau}{\lambda \beta}$, verificar-se-ão, em instantes à escala $\frac{1}{\tau}$, as expressões (3), desde que as solicitações actuantes na superfície do modelo satisfaçam a (4) e, além disso, as relações (5) e (6) sejam respeitadas. Em geral não é possível satisfazer a todas estas condições.

Deve notar-se que, no caso de se tratar de vibrações, a escala dos períodos próprios de oscilação homólogos é dada por (6).

No caso particular de serem desprezíveis os efeitos do peso próprio terá de se verificar sòmente a relação (6). Se, além disso, não houver a ter em conta efeitos de fluência então o material (artigo 13) não impõe a escala dos tempos donde resulta que, fixados os materiais do protótipo e do modelo, a cada valor da escala $\frac{1}{\lambda}$ corresponde um valor da escala dos tempos dado por (6).

No caso particular de equilíbrios estáticos em que haja a considerar o efeito do peso próprio terá de se verificar sòmente a condição (5). Como $\frac{1}{\lambda}$ tem geralmente um valor pequeno, conclui-se que $\frac{1}{\alpha}$ deve ser pequeno e $\frac{1}{\rho}$ grande, isto é, os materiais dos modelos devem ter pequena rigidez e elevada massa específica; tendo em vista a precisão de medição das extensões convém que $\frac{1}{\beta}$ seja elevado. Para aumentar o valor de $\frac{1}{\rho}$ pode recorrer-se aos artifícios referidos no artigo 10.